

**Département
des cultures pérennes du
Cirad
(Cirad-cp)**

Rapport d'activités 1996-1997

Rapport d'activités 1996-1997

**Département
des cultures pérennes du Cirad
(Cirad-cp)**

Centre de coopération internationale
en recherche agronomique
pour le développement

Le Cirad, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales et subtropicales. Sous la forme d'un établissement public, il est né en 1984 de la fusion d'instituts de recherche en sciences agronomiques, vétérinaires, forestières et agroalimentaires des régions chaudes.

Sa mission : contribuer au développement de ces régions par des recherches, des réalisations expérimentales, la formation, l'information scientifique et technique.

Il emploie 1 800 personnes, dont 900 cadres, qui interviennent dans une cinquantaine de pays. Son budget s'élève à 1 milliard de francs, dont plus de la moitié provient de fonds publics.

Le Cirad comprend sept départements de recherche : cultures annuelles (Cirad-ca) ; cultures pérennes (Cirad-cp) ; productions fruitières et horticoles (Cirad-flhor) ; élevage et médecine vétérinaire (Cirad-emvt) ; forêts (Cirad-forêt) ; territoires, environnement et acteurs (Cirad-tera) ; amélioration des méthodes pour l'innovation scientifique (Cirad-amis).

Le Cirad travaille dans ses propres centres de recherche, au sein de structures nationales de recherche agronomique des pays partenaires, ou en appui à des opérations de développement.

Sommaire

Avant-propos	3
Programme cacao	5
Programme café	29
Programme cocotier	55
Programme hévéa	75
Programme palmier à huile	109
Les coopérations	139
Le budget	159
Les ressources humaines	165
Liste des sigles	177
Liste des publications	181

Avant-propos

L'année 1997 a été marquée par la première évaluation du Cirad-cp pour la période 1993-1997. La commission de revue externe a reconnu l'intérêt de l'approche filière et, dans les domaines scientifiques, a insisté sur la nécessité de :

- développer les travaux de biologie moléculaire, en amélioration variétale et en défense des cultures, en liaison avec les sélectionneurs de terrain ;
- renforcer les études d'écophysiologie ;
- maintenir une expertise dans la gestion de la fertilisation ;
- étudier les déterminants de la qualité sur toute la chaîne de son élaboration ;
- renforcer les études sur les conditions de production des exploitations villageoises, car elles représentent 80 à 90 % de la production des cultures pérennes tropicales.

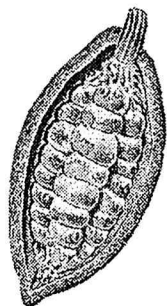
Le conseil scientifique a validé les conclusions de la revue externe et a, pour sa part, recommandé au département :

- « d'exprimer le projet scientifique en termes de questionnements, de problématiques, de méthodes et de ne pas se référer uniquement aux produits et aux plantes sur lesquels portent la recherche. Les raisons du traitement des problèmes par la filière doivent être justifiées en regard d'autres approches, par exemple en termes d'exploitation familiale ou de front pionnier ;
- de mobiliser l'ensemble des compétences nécessaires internes ou externes au département et de les compléter, par exemple en établissant des liens forts avec les programmes zones tropicales humides, agricultures familiales et, évidemment, avec les programmes d'appui scientifique ».

Cette revue externe a constitué un premier bilan des travaux du département depuis cinq ans. Un deuxième bilan, réalisé en interne, est composé par les rapports annuels rédigés pendant cette période. Ces rapports représentent l'outil privilégié de communication du savoir-faire du département.

Le présent rapport annuel ne déroge pas à cette règle, mais il doit être considéré comme un document de transition entre le schéma de programmation de la période 1993-1997 et celui pour 1998-2002 qui a été rédigé avec plusieurs impératifs : traduire les recommandations de la revue externe en terme d'activités de recherche ; mieux valoriser par des publications et des actions commerciales les résultats scientifiques ; établir avec les autres départements, en particulier les départements Amis et Tera, les relations contractuelles rendues nécessaires par les nouvelles structures du Cirad et la nécessité de développer les approches socio-économiques de la production.





Introduction

Conjoncture de la filière

Les campagnes 1995-1996 et 1996-1997 ont été deux années records avec des productions atteignant respectivement 2 917 000 tonnes et 2 717 000 tonnes (données Icco de janvier 1998) soit des augmentations de 20,4 % et 12,2 % par rapport à la moyenne des productions des trois campagnes précédentes.

L'accroissement de la production mondiale est dû essentiellement à des récoltes exceptionnelles en Côte d'Ivoire, au Ghana et en Indonésie en particulier. Cette production élevée devrait se maintenir en 1997-1998 avec une récolte mondiale évaluée à 2 703 400 tonnes.

Les stocks sur le marché à la fin de la campagne 1996-1997 se monteraient à 1 245 000 tonnes, ce qui représente plus de cinq mois des broyages mondiaux annuels de 1996-1997.

Le Parlement européen a amendé substantiellement, en octobre 1997, un projet de directive proposant d'autoriser l'utilisation de 5 % de matière grasse végétale à la place d'une partie du beurre de cacao. Cette adjonction ne devrait plus être possible si cette directive est amendée par les Quinze.

Les prix à New York se sont maintenus à un cours moyen élevé : 1438 \$US la tonne en 1995-1996 et 1556 \$US en 1996-1997. Les prévisions de l'Icco pour la campagne 1997-1998 sont à la hausse et étaient de 1724 \$US la tonne fin 1997.

Sur le plan scientifique, l'année 1996 a été marquée par la tenue, à Salvador de Bahia (Brésil), de la Douzième conférence internationale sur les recherches cacaoyères. Une importante délégation du programme cacao du Cirad a pu y présenter les résultats de ses travaux en génétique, en agrophysiologie, en défense des cultures et en technologie.

Programme cacao

Projet 1 : Quels cacaoyers planter aujourd'hui et demain ?

Les années 1996 et 1997 ont été marquées par le démarrage de deux nouveaux projets : l'un porte sur l'étude du cacao Nacional en Equateur, l'autre sur l'évaluation et l'utilisation des ressources génétiques du cacaoyer dans le cadre d'un réseau avec 10 pays. De plus, un contrat d'assistance technique a été passé avec Soca2-Sodeci et Valrhona pour une plantation de Criollo au Venezuela. Les travaux sur la diversité génétique se sont poursuivis avec l'étude utilisant les marqueurs moléculaires menée à Trinidad sur le groupe Forastero et en Guyane sur la caractérisation des cacaoyers spontanés. Cette année, un travail de thèse portant sur la diversité génétique des Criollo a débuté à Montpellier. En vue d'améliorer le niveau de résistance aux maladies (pourriture brune et balai de sorcière), on recherche des sources de résistance dans le matériel d'origine sauvage de la collection de Trinidad, par des observations au champ et des tests d'inoculation. Un effort particulier est mis sur les travaux de localisation des zones chromosomiques impliquées dans les caractères d'intérêt (Qtls) par l'étude de plusieurs descendance en ségrégation. En raison de l'absence de sélectionneur du Cirad en Côte d'Ivoire entre 1995 et 1997, il n'y a pas eu de nouveaux résultats concernant nos travaux sur la sélection dans ce pays.

Projet 2 : Comment améliorer la productivité des systèmes de culture à base de cacaoyers

Les opérations de diagnostic ont concerné São Tomé en 1996 (étude des facteurs limitants du rendement) et l'Equateur en 1997 (enquête agro-économique sur les systèmes de production ayant une composante cacaoculture).

L'étude de la physiologie de l'assimilation photosynthétique et de l'architecture de la plante, commencée en 1994 au Vanuatu et en Indonésie, s'est poursuivie dans de bonnes conditions. Deux thèses portant sur ces travaux devraient être soutenues prochainement. D'autres opérations de recherche liées au projet 2 ont, en revanche, dû être interrompues courant 1996 à la suite du départ définitif de 2 des 3 agents Cirad en poste à São Tomé.

Les travaux portant sur la durabilité des systèmes de cacaoculture ont bénéficié d'interventions de l'agrophysiologiste en poste au Vanuatu. Il a essayé en 1996 de suppléer au départ de l'agronome précédemment en poste dans ce pays. En Equateur, des opérations de réhabilitation par recépage ont été mises en place dans le cadre du projet cacao Mag-Ue.

Enfin, la lutte intégrée contre les ravageurs a fait principalement l'objet de travaux portant sur l'évaluation des dégâts et la mise au point de méthodes de lutte contre *Bathycoelia thalassina* et *Selenothrips rubrocinctus* à São Tomé.

Les principaux résultats obtenus en 1996 et 1997 concernent :

- les facteurs agronomiques limitant la production des cacaoyères à São Tomé ;
- la description des systèmes de production à composante cacaoyère présents dans la partie sud de la Côte équatorienne ;
- une meilleure compréhension du fonctionnement du cacaoyer et la modélisation partielle du développement de la plante ;
- l'évaluation des techniques de rénovation et de réhabilitation des vieilles cacaoyères à São Tomé et en Equateur.

Projet 3 : Lutte intégrée contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer

Durant la période 1996-1997, des études sur la variabilité génétique du genre *Phytophthora*, et plus particulièrement de l'espèce *P. megakarya*, ont été conduites. Cette dernière espèce a été séparée en deux probables sous-espèces, l'une étant présente en Afrique centrale, l'autre en Afrique de l'Ouest. Des prospections ont enrichi la collection du laboratoire de phytopathologie, donnant ainsi la possibilité d'entreprendre des études de diversité, notamment pathogénique, sur une base génétique importante. Par ailleurs, l'année a été marquée par l'amélioration d'un premier modèle épidémique, élaboré au Vanuatu, et par la poursuite d'un projet fédérateur sur le thème de la résistance à la maladie, financé par Caobisco. Les résultats acquis en lutte génétique permettent déjà de proposer des géniteurs conférant à leurs descendances une moindre sensibilité.

Des tests précoces sur feuilles se sont avérés relativement efficaces et des Qtls de résistance ont été identifiés. Ces résultats doivent aboutir à la mise en œuvre d'une stratégie de sélection visant à augmenter le niveau de résistance des vergers. Enfin, les travaux sur la lutte chimique doivent permettre de promouvoir des techniques efficaces et moins coûteuses dans l'objectif d'aboutir, avec l'amélioration génétique, à une véritable lutte intégrée contre cette maladie.

Projet 4 : Etude des relations cacaoyer-swollen shoot pour la création variétale en Afrique de l'Ouest

La mise au point d'une méthode d'inoculation du virus a été réalisée en laboratoire par l'Institut de biologie moléculaire des plantes du Cnrs. Sur le terrain, l'appui à la campagne d'éradication menée au Ghana s'est poursuivi. Ce projet vise, dans un premier temps, à établir une barrière sanitaire par l'arrachage des arbres malades dans des zones préalablement définies.

Projet 5 : Vers un cacao de qualité supérieure

L'étude du profil aromatique des cacaos a été poursuivie non seulement par l'identification des composés des diverses fractions volatiles, avant et après torréfaction, mais aussi par la caractérisation des composés odorants contribuant fortement à l'arôme. Les résultats obtenus confirment l'importance de la préparation du cacao marchand après la récolte. C'est, en effet, au cours de la fermentation et du séchage que s'établit, en quantité et en qualité, l'arôme du cacao.

Les recherches sur le déterminisme des caractères de qualité sont par ailleurs menées selon une approche pluridisciplinaire associant la biochimie, la technologie et la génétique. Toutefois, un problème d'échantillonnage a conduit à réorienter momentanément les travaux et à étudier l'effet maternel des croisements sur le potentiel aromatique du cacao. Les premières données montrent l'influence prépondérante du parent utilisé comme femelle dans les croisements pour ce qui concerne les caractères de qualité, à l'exception de la taille des fèves.

Projet 6 : Modernisation des itinéraires techniques de la filière cacao

En matière de biotechnologie, les travaux ont porté sur la mise au point et la maîtrise de l'embryogenèse somatique à partir de feuilles. Le stade foliaire le plus

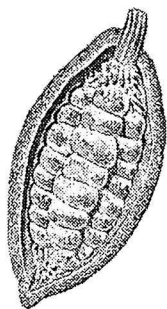
favorable a été déterminé, de même que les conditions de culture qui favorisent une bonne callogénèse sur quelque 60 génotypes de cacao avec une efficacité de 100 %. Un nouveau milieu de culture solide a été mis au point et les résultats préliminaires sont satisfaisants.

Par ailleurs, les premiers essais de suspensions à caractère embryogène, réalisés sur un grand nombre de génotypes, donnent des résultats encourageants.

Les recherches sur les transformations primaires ont principalement été orientées vers la modélisation des transferts de matière et d'énergie dans la graine de cacao au cours du séchage, afin de comprendre les phénomènes de diffusion, de croûtage et de rétention de l'acidité volatile que subissent les fèves pendant cette phase de leur préparation. Ces recherches sont menées en collaboration avec l'université de

Montpellier II et font l'objet de diverses formations diplômantes : thèse de doctorat préparée à l'Itvh du Mexique où un séchoir pilote a été installé, stage au Paesruc du Cameroun et stage de Dea en relation avec le laboratoire Cirad-biotrop.

Enfin, un programme de recherches a été entrepris sur la torréfaction des fèves par friture dans le beurre de cacao, appelée « torréfriture ». Les premiers résultats obtenus en collaboration avec l'Institut polytechnique de Zurich, avec le programme Gta du Cirad-sar, et avec la société Valrhona, ont montré l'excellente qualité des cacaos issus de ce traitement, avec des temps de torréfaction 2 à 5 fois plus faibles pour une dépense d'énergie réduite de près de la moitié par rapport à la torréfaction classique. Un brevet devrait être déposé dès que ces résultats seront confirmés.



Quels cacaoyers planter aujourd'hui et demain ?

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

D. Paulin, responsable ;

D. Clément, O. Sounigo, M. Ducamp, P. Lachenaud, P. Bastide, P. Aguilar, J.L. Pradon, B. Decazy, C. Lanaud, A.M. Risterucci, C. Cilas et M.H. Flament (en préparation de thèse).

Partenaires : J. N'Goran (Idefor-dcc) et S. Nyassé (Irad).

L'année 1996 est marquée par une réduction de l'activité du programme de sélection mené par le Cirad avec l'Idefor en Côte d'Ivoire après le départ du sélectionneur fin 1995. Pourtant, des collaborations étroites ont été maintenues avec cette institution dans le domaine de la biologie moléculaire et de la phytopathologie. Un projet Ipgri, financé par le Fond commun, qui a pour but de renforcer l'évaluation et l'utilisation des ressources génétiques du cacaoyer a démarré. L'objectif est de développer des activités de sélection dans un réseau de recherche constitué de 10 pays. C'est dans ce cadre qu'un sélectionneur Cirad a été affecté en Côte d'Ivoire au cours de l'année 1997. La coordination scientifique de ce projet est assurée par le Cirad. Au Venezuela, une activité d'expertise a été lancée en 1996, grâce à un contrat d'assistance technique pour le suivi d'une plantation de cacaoyers Criollo Porcelana signé avec Soca2 et Valrhona.

Evaluation des ressources génétiques

En 1996, les études de diversité génétique du cacaoyer se sont poursuivies à Trinidad sur le matériel Forastero en collection au Cru, en Guyane, sur les populations spontanées prospectées localement par le Cirad et à Montpellier avec la mise au point des marqueurs Aflp et microsatellites au laboratoire d'Agetrop. Les études concernant les marqueurs Qtl se sont développées cette année, grâce au nombre important de descendance cartographiées.

Étude de la diversité génétique

A Trinidad, 482 clones représentant 28 populations différentes, ont été caractérisés à l'aide des cinq

systèmes enzymatiques ICD, PAC, ADH, MDH, PGI. La diversité intra et interpopulation a été estimée. Des différences importantes ont été observées. La plus grande part de la diversité se manifeste à l'intérieur des populations. Une classification ascendante hiérarchique permet de séparer les 28 populations en 3 groupes : Forastero, Refractario et Trinitario. Le programme d'analyse utilisant les marqueurs Rapd se poursuit en utilisant des échantillons de feuilles prélevés dans la parcelle de Marper Estate, dans laquelle il y a beaucoup moins de hors type que dans la collection principale. Cent vingt-sept clones, représentant 11 populations, ont été étudiés avec 49 marqueurs obtenus à partir de 17 *primers* différents. L'analyse complète de la diversité génétique des Criollo à l'aide de descripteurs morphologiques et moléculaires a débuté cette année, dans le cadre d'une thèse qui sera réalisée au Cirad par un chercheur vénézuélien. Des collectes d'échantillons de Criollo ont été réalisées en 1997 au Venezuela et au Mexique.

Caractérisation des cacaoyers de Guyane

En Guyane, la caractérisation des cacaoyers spontanés originaires de la forêt primaire se poursuit dans le cadre du projet Fic. Ce projet, lancé en 1994, prévoit la collecte de cacaoyers sauvages en Guyane, l'étude de ces cacaoyers et l'échange de matériel avec le Cru de Trinidad. Les études portent sur la connaissance de la diversité génétique, la caractérisation et l'évaluation agronomique, en particulier le niveau de résistance aux maladies et aux insectes. Concernant la caractérisation morphologique des cabosses et des fèves, sur 136 arbres présélectionnés, 62 ont été complètement décrits en 1997. Pour l'étude morphologique des fleurs, 47 individus sont encore à étudier. L'analyse par électrophorèse de l'ensemble de ces individus a été réalisée en 1997. Afin de connaître l'aptitude à la combinaison de ce matériel, des hybridations entre clones guyanais et entre clones guyanais et clones internationaux ont été réalisées suivant un plan de croisement factoriel (5 x 6). Vingt-cinq croisements ont été plantés en mai 1997. Les hybrides issus de nouvelles fécondations manuelles seront plantés en 1998.

Évaluation des cacaoyers

« Nacional » cultivés en Equateur

Un projet d'assistance technique pour la relance de la production du cacao équatorien a débuté en 1995. Ce projet a pour objectif la mise au point d'itinéraires techniques pour le développement de la production de cacao fin. Il prévoit : d'identifier les paramètres intervenant dans l'élaboration de la qualité du cacao Nacional et des hybrides Nacional x Venezolano tels que la part du cultivar, du terroir, du système de culture et du traitement post-récolte ; d'évaluer et de sélectionner un matériel végétal spécifique à ce pays (Nacional) produisant un cacao ayant des caractéristiques organoleptiques particulières (goût « arriba ») et un bon niveau d'adaptation aux conditions locales, en particulier pour la résistance au balai de sorcière et à la pourriture brune. Les travaux de sélection ont débuté cette année. Une trentaine de parcelles clonales plantées entre 1992 et 1995 sont étudiées. Elles permettent de comparer 6 clones de type Nacional et le clone CCN 51, pour leur production, leurs caractéristiques agronomiques (floraison, architecture, résistance au balai de sorcière) et la qualité du cacao marchand obtenu. Les premières dégustations effectuées sur ce matériel n'ont pas mis en évidence la saveur arriba, ce qui laisse supposer que ces clones sont plutôt des hybrides entre Nacional et Venezolano. Trois nouveaux essais clonaux seront mis en place en fin d'année, avec d'autres génotypes Nacional sélectionnés dans les plantations. Les nombreuses observations sur les cacaoyers Nacional équatorien seront rassemblées dans un catalogue et mis sous forme de base de données. De nouvelles prospections dans les plantations seront entreprises prochainement. Un des objectifs de recherche poursuivis en 1997 est de déterminer les allèles spécifiques au goût arriba au sein de la population de cacaoyers Nacional, dont tous les individus n'expriment pas ce caractère.

Recherche de résistance à la pourriture brune et au balai de sorcière

Un des principaux objectifs de l'amélioration du cacaoyer est l'obtention de variétés plus résistantes aux maladies, en particulier à la pourriture brune et au balai de sorcière. Des sources de résistance sont donc recherchées dans le matériel d'origine sauvage. Ce travail est réalisé au Cru à Trinidad, avec la collaboration d'un chercheur du Cirad, sur le matériel végétal présent dans la collection internationale. Des observations des dégâts au champ permettent de faire une première sélection

des clones les plus résistants aux deux maladies. Des tests d'inoculation sont ensuite utilisés pour confirmer le niveau de résistance spécifique.

Pour le balai de sorcière (pathotype B), 280 clones ont été observés au champ et 174 ont été sélectionnés. L'évaluation de ces clones par le test d'inoculation sur feuilles se poursuit : dix sept génotypes guyanais spontanés avec en particulier GU 255, GU 277, GU 300, GU 322, GU 353, un clone Trinitario ICS, 2 clones équatoriens EET et 5 clones Haut-Amazoniens (IMC, Scavina) sont classés comme résistants.

Pour la pourriture brune (*P. palmivora*), 136 clones ont été observés au champ et 46 clones ont été sélectionnés. Le test d'inoculation sur feuilles se poursuit. Par ailleurs, un test d'inoculation sur cabosses est réalisé avec ces clones afin de confirmer leur niveau de résistance. Dès à présent, treize clones se classent parmi les plus résistants avec les deux tests : EET 59, ICS 84, IMC 47, IMC 57, IMC 103, IMC 105, NA 26, P16B, PA 46, SCA 6, SPEC 194-103, TSH 1077 et UF 12. Parmi les clones guyanais étudiés, les clones GU 300P et GU 310P sont classés très résistants, GU 241P et GU 353L résistants.

Cartographie du cacaoyer

L'identification de marqueurs s'est poursuivie au laboratoire Agatrop de Montpellier. Aujourd'hui, 137 marqueurs Aflp et 15 microsattellites (Ssr) ont été cartographiés. La carte génétique du cacaoyer comprend maintenant 357 marqueurs dont 170 Rflp, 30 Rapd, 137 Aflp, 15 Ssr et 5 isozymes. La distance moyenne entre deux marqueurs est de 2,4 cM.

Recherche de Qtls à l'aide de marqueurs moléculaires

Un effort important a été consenti pour développer les travaux concernant la localisation des zones chromosomiques impliquées dans l'expression des caractères de résistance aux maladies et de qualité du cacao. Ces marqueurs moléculaires permettront d'optimiser l'efficacité de la sélection, en les associant aux caractères à sélectionner (sélection assistée par marqueurs). Plusieurs chercheurs sont mobilisés sur ce sujet dans le cadre de travaux de thèse, du projet financé par Caobisco, d'une Atp sur les caractères de la qualité et enfin d'une Atp sur les gènes de résistance. Au total, neuf descendance en ségrégation sont étudiées.

- Sur les descendance DR 1 x Catongo, IMC 78 x Catongo, S 52 x Catongo plantés en Côte d'Ivoire sont observées les variables du rendement, des dégâts de mirides, de la taille des fèves. Les extractions d'ADN des 367 individus issus de ces croisements et le tri des sondes sont terminés et la cartographie de ces descendance a débuté.

- Pour l'étude concernant la recherche de marqueurs de la résistance à la pourriture brune (projet Caobisco), les descendances étudiées sont ICS 84 x UPA 134, SNK 10 x UPA 134, SNK 13 x IMC 67 (et leur réciproque) qui proviennent du Cameroun. Pour ces croisements, on dispose de données individuelles au champ pour les 276 arbres, pendant 6 années d'observation. Des inoculations artificielles sur cabosses et sur feuilles sont réalisées sur deux des trois descendances pour connaître plus précisément le niveau de résistance au *P. megakarya*. Le tri des parents des trois descendances a été effectué pour les 64 couples d'amorces possibles avec la technique Aflp. Pour le croisement UPA 134 x ICS 84, 215 marqueurs ont été sélectionnés et passés sur la descendance, et pour le croisement UPA 134 x SNK 10, 182 marqueurs Aflp et 15 microsatellites ont été sélectionnés et en partie passés sur la descendance.

- La descendance UPA 402 x UF 676 a été choisie pour la recherche de Qtls liés aux caractères technologiques et aromatiques des fèves (Atp sur la qualité). Des échantillons de cacao provenant des 150 arbres de cette descendance ont été préparés en Côte d'Ivoire et analysés à Montpellier. Une ségrégation pour le caractère aromatique a été constatée (test de dégustation). Le marquage génétique est en cours à Montpellier.

Cette même descendance a été étudiée pour le caractère de résistance à la pourriture brune observée au champ et après inoculation artificielle sur feuilles. L'étude a permis de mettre en évidence trois régions du génome qui expliquent 46 % de la variation du caractère taux de pourriture au champ. Les Qtls révélés par le test d'inoculation sont partiellement communs avec ceux de la résistance au champ. Les différences observées seraient dues au manque de précision des protocoles d'observation au champ et du test sur feuilles ou bien à des facteurs biologiques spécifiques à la résistance au champ non révélés par le test sur feuilles.

- Pour le projet Caobisco et pour l'Atp « Gènes de résistance », deux nouvelles descendances sont à l'étude : IMC 57 x Catongo pour le balai de sorcière au Cru à Trinidad, et le rétrocroisement (SCA 6 x IFC 1) x IFC 1 pour la pourriture brune à Montpellier. Des tests d'inoculation sur feuilles ainsi que le marquage par Rflp ou Rapd seront réalisés prochainement. Pour la descendance IMC 57 x Catongo, 12 marqueurs microsatellites, 3 marqueurs isoenzymatiques et 25 marqueurs Rapd ont été sélectionnés.

Utilisation des ressources génétiques

Les activités d'amélioration génétique du cacaoyer conduites avec l'Idefor-dcc en Côte d'Ivoire se sont considérablement réduites cette année, en raison de l'absence de chercheur du Cirad. Des activités orientées vers la sélection et la diffusion de variétés hybrides se poursuivent à São Tomé (projet Poto), au Vanuatu (Carfv) et en Indonésie (TBS Plantation). Depuis cette année, le Cirad assure l'assistance technique d'une plantation de Criollo Porcelana au Venezuela pour un groupe privé (Socaoven).

Amélioration génétique en Côte d'Ivoire

Une synthèse des travaux de sélection pour la résistance à la pourriture brune due à *Phytophthora palmivora* a été réalisée à l'occasion du séminaire Ingenic qui s'est tenu au Brésil en novembre 1996. Deux facteurs liés au niveau d'attaque au champ ont été identifiés : le nombre de fruits produits par arbre et le pourcentage de cabosses récoltées pendant la période de forte attaque de la pourriture (mai à septembre). Ces facteurs n'expliquent pourtant qu'une faible part de la variation observée au champ. Les observations faites sur les pertes de fruits au champ dans un essai de croisements factoriel ont montré que l'aptitude générale à la combinaison (Agc) était prédominante. Les Agc des géniteurs Haut-Amazoniens sont supérieures à celles des Amelonado locaux. Les meilleurs géniteurs sont SCA 6, P 7 et PA 150.

L'héritabilité de la résistance est assez élevée (0,67), ce qui montre que la sélection utilisant les observations de résistance au champ peut être efficace. Une bonne corrélation ($r = 0,7$) existe entre le niveau de résistance d'un arbre repéré dans un essai d'hybrides et le niveau de résistance au champ observé pour ce génotype dans un essai de confirmation clonal. Les stratégies d'amélioration choisies consistent en une sélection sur index basée sur la production et la résistance au champ et sur le cumul des gènes de résistance par des cycles successifs de sélection, afin d'exploiter la part additive de ce caractère.

Une fiche programme concernant l'amélioration de la production du cacaoyer en Côte d'Ivoire a été rédigée dans le cadre des négociations de coopération entre le Cirad et l'Idefor. Une part importante de ce programme concerne l'amélioration génétique et la sortie variétale qui devrait permettre de mener à terme le schéma d'amélioration mis en place depuis 1991 et d'introduire les techniques de biologie moléculaire pour développer une sélection assistée par marqueurs.

Sélection d'hybrides et diffusion des variétés à São Tomé et au Vanuatu

A São Tomé, l'objectif est de diffuser aux planteurs un nombre plus réduit d'hybrides avec une plus grande homogénéité et une meilleure adaptation. Parmi les variétés vulgarisées, on distingue la variété Amelonado et les hybrides avec Scavina. Ces hybrides n'ont pas donné satisfaction en raison de leur productivité insuffisante due à une trop forte vigueur et à des problèmes de fructification. Actuellement, un choix d'hybrides à vulgariser a été proposé, basé sur un bon potentiel de production, une vigueur moyenne, une homogénéité des fruits et des fèves et une moindre sensibilité des parents au *Phytophthora*. Onze hybrides locaux ont été mis en essai dans plusieurs lieux en 1994 ainsi que 4 hybrides importés de Côte d'Ivoire en 1995. Les mesures effectuées cette année dans ces essais portent sur le développement végétatif. Afin de mieux connaître le matériel génétique local, un inventaire des clones existants a été réalisé dans la collection et une série d'observations a été faite en 1996 et se poursuivra au cours de la prochaine période de récolte.

Au Vanuatu, l'objectif est de substituer à l'Amelonado généralement cultivé des hybrides adaptés aux conditions locales et produisant des fèves de plus grande taille. Le centre a pour missions de sélectionner ces hybrides et de fournir les semences aux planteurs. Une collection comprenant 69 clones dont 62 introduits et 7 d'origine locale est installée sur une parcelle de près de 6 ha. Ce champ est utilisé comme parcelle semencière pour reproduire, par pollinisations manuelles, les hybrides sélectionnés. Deux essais sont actuellement en cours d'évaluation : un essai comparatif d'hybrides planté en 1994, mettant à l'épreuve 18 familles créées à partir du matériel local, et un essai de clones greffés planté en 1994 qui compare 9 clones locaux ou introduits et 4 individus hybrides sélectionnés sur la station. Des mesures de vigueur ont été réalisées cette année sur ces deux essais.

Projet du Fond commun sur l'évaluation et la conservation des ressources génétiques

Ce projet, dont le financement vient d'être accepté par le Fond commun, a pour but de renforcer l'évaluation des ressources génétiques du cacaoyer, en utilisant des méthodes traditionnelles de sélection. L'objectif est de développer un réseau dans plusieurs pays pour évaluer les clones et sélectionner des variétés améliorées. L'accent sera mis sur la sélection pour la résistance aux maladies.

Des essais multilocaux de clones et d'hybrides seront installés dans 10 pays : Equateur, Brésil, Venezuela, Trinidad, Côte d'Ivoire, Ghana, Cameroun, Nigeria, Malaisie et Papouasie. Des clones locaux seront comparés à des clones introduits. Ce dispositif permettra la distribution de nouveaux génotypes, la sélection de clones et d'hybrides améliorés. La résistance aux maladies sera étudiée dans les 10 pays, à Montpellier pour le *Phytophthora* et en Angleterre pour le balai de sorcière.

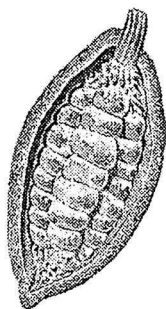
Ce projet permettra de renforcer les schémas d'amélioration par sélection récurrente (5 pays), la caractérisation et l'évaluation de la collection de Trinidad et la mise en œuvre d'une préselection pour la résistance au *Phytophthora* et au balai de sorcière, et la distribution du matériel sélectionné. Le Cirad est impliqué à Montpellier, dans la multiplication et la distribution de clones et dans la réalisation de tests de résistance de ces clones en utilisant des souches de *Phytophthora* des différents pays. Un appui pour la gestion de données et les analyses statistiques est aussi prévu.

Création de champs semenciers à Tri Bakti Sarimas en Indonésie

Une assistance technique se poursuit avec la plantation Tri Bakti Sarimas en Indonésie pour l'établissement et l'exploitation de champs semenciers. Cinq parcelles, d'une surface d'un hectare chacune, seront installées au cours de la première phase du projet (5 ans). Deux missions ont eu lieu en 1996, qui ont permis d'importer 27 clones sous la forme de baguettes à greffer provenant de la serre de Montpellier. Ce matériel a été immédiatement greffé en pépinière. Le taux de réussite moyen du greffage a été de 14 % en janvier et de 38 % en novembre. La méthode par écussonnage a donné le meilleur résultat (53 %). En novembre, les premiers plants greffés âgés de 10 mois étant bien développés, une première parcelle semencière a été plantée avec 1331 plants représentant 17 génotypes différents en femelle et 12 en male.

Expertise d'une plantation de Criollo au Venezuela

Un contrat d'assistance technique a été passé entre le Cirad, Soca2-Sodeci et l'entreprise Valrhona, pour assurer le suivi agronomique de la plantation industrielle Socaoven au Venezuela. Cette plantation est constituée de cacaoyers Criollo d'origine Porcelana, variété de cacaoyer spécifique au Venezuela qui produit un cacao fin dont les qualités aromatiques sont très recherchées. Des protocoles d'observations agronomiques ont été mis en place qui permettront de décrire cette population de cacaoyers, d'en évaluer la diversité génétique et de connaître les paramètres du rendement (développement végétatif, floraison, cycle de production).



Comment améliorer la productivité des systèmes de culture à base de cacaoyers

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

P. Petithuguenin (responsable) ;

P. Bastide, I. Miallet, H. Colas, P. Jadin et J. Nguyen Ban.

Les principaux résultats obtenus en 1996-1997 concernent :

- les facteurs agronomiques limitant la production des cacaoyères à São Tomé ;
- la compréhension du fonctionnement du cacaoyer et la modélisation du développement de la plante (travaux du Vanuatu) ;
- les techniques de rénovation ou de réhabilitation des vieilles cacaoyères (travaux à São Tomé et en Equateur).

Diagnostic des systèmes de culture à base de cacaoyers

A São Tomé, les activités de diagnostic menées dans le cadre du programme de recherche appliquée pour la relance de la cacaoculture saotoméenne se sont poursuivies en 1996-1997. Ce diagnostic comprend trois étapes : l'identification des facteurs (agronomiques) limitant les productions, la quantification des pertes et la proposition d'un itinéraire technique pour y remédier. Les travaux conduits en 1994 et 1995 ont permis de mettre en évidence l'importance des pertes dues aux ravageurs (*Bathycoelia thalassina* et *Selenothrips rubrocinctus*) et aux maladies des cabosses (*Phytophthora palmivora* principalement). Ce diagnostic a été concrètement confirmé en 1996 par les augmentations de production enregistrées suite à l'application d'une lutte chimique contre la punaise des cabosses.

Une enquête agro-économique « Systèmes de production » a été réalisée en Equateur en 1996 auprès des cacaoculteurs de la zone du projet cacao Mag-UE-Cirad (partie sud de la côte équatorienne). Cette enquête permet au projet de mieux connaître la situation de ses bénéficiaires et d'identifier certains facteurs limitants de la production et de la qualité du cacao. Les principales conclusions relatives aux exploitations

agricoles ayant une composante cacaoculture sont les suivantes :

- les chefs d'exploitation sont âgés (54,5 ans en moyenne ; 11 % seulement ont moins de 41 ans) et 70 % d'entre eux ont suivi au moins l'école primaire ;
- 44 % des chefs d'exploitation sont des migrants équatoriens (en provenance des provinces de la Sierra). La famille moyenne est constituée du chef d'exploitation et de son conjoint, 4 ou 5 enfants et 2 autres personnes.

L'exploitation agricole moyenne couvre 22 hectares dont 10 ha de cacao, 5 ha de prairies et 4 ha de cultures annuelles (riz, maïs et soja). Les exploitations de plus de 50 hectares ne représentent que 8 % des exploitations agricoles cacaoyères de la zone mais occupent 46 % de la surface agricole utile (Sau). A l'inverse, 54 % des exploitations ayant une composante cacaoyère ne dépassent pas 10 hectares de Sau. Le niveau de spécialisation en cacaoculture est variable d'une province à une autre : il est élevé dans la province d'El Oro (où les exploitations agricoles cacaoyères dédient 60 % de leur Sau à la cacaoculture), moyen dans les provinces de Guayas et Los Rios (50 % de la Sau en cacao, le reste en cultures annuelles ou prairies) et faible dans la province de Manabi (province où les cacaoculteurs sont d'abord des éleveurs puisque 60 % de la Sau est en prairies et seulement 20 % en cacao). Les cacaoyers sont en voie de sénescence, la moitié des plantations ayant plus de 30 ans et seulement 10 moins de 11 ans. Les rendements moyens sont faibles (240 kg) et sont corrélés avec l'âge des plantations, l'excès d'ombrage permanent, l'insuffisance des tailles phytosanitaires (pour limiter les effets de la maladie du balai de sorcière) et des conditions climatiques localement limitantes (faible insolation ou saison sèche prolongée). La qualité du cacao produit est affectée par l'absence de contrôle des maladies, notamment la moniliose, mais aussi par un traitement post-récolte inadéquat : 18 % des producteurs ne fermentent pas du tout leur cacao et 66 % réalisent une fermentation trop courte (2 ou 3 jours) et en sacs. La fermentation pratiquée de 4 jours minimum peut être considérée comme acceptable dans seulement 12 % des cas. L'enquête a confirmé l'importance primordiale que tient la cacaoculture

pour ces exploitants puisque le cacao est la seule source de revenus pour 38 % d'entre eux et la source principale pour 80 % des planteurs. Enfin, au delà de pratiques culturales qui peuvent être qualifiées dans leur ensemble d'extensives, l'enquête met en évidence une tendance marquée à la modernisation de la cacaoculture en Equateur. En effet, les pratiques culturales réalisées sur les jeunes parcelles de moins de 5 ans sont beaucoup plus intensives. C'est ainsi que, si seulement 7 % des cacaoyères de plus de 5 ans reçoivent une fertilisation minérale, ce pourcentage monte à 49 % dans le cas des parcelles de moins de 5 ans. De même, les cacaoyères plantées avec du matériel clonal ne représentent que 2 % de la superficie totale, mais 45 % (dont 43 % pour le seul clone CCN 51) des cacaoyères ont moins de 5 ans. Cette dynamique récente de la modernisation de la cacaoculture, lancée par de grands exploitants (*latifundios*) dans le cadre d'un mouvement de diversification-reconversion, et repris depuis par des petits et moyens producteurs, est favorable au développement des activités du projet cacao Mag-Ue-Cirad.

Fonctionnement de la plante et du peuplement

Le fonctionnement du cacaoyer et de l'élaboration du rendement (niveau plante et niveau peuplement) est abordé à travers l'étude de la physiologie primaire et notamment par la modélisation de l'assimilation photosynthétique et de la répartition des assimilats, et par le suivi des composantes du rendement.

Les opérations de recherche sur la photosynthèse, le bilan radiatif, le fonctionnement du système racinaire et l'architecture de la partie aérienne et de la partie souterraine du cacaoyer se déroulent principalement au Vanuatu et en Indonésie.

Les mesures de biomasse de cacaoyers adultes débutées en 1994 ont été poursuivies en 1996-1997. Cinq arbres âgés de 10 ans ont été déracinés, découpés et pesés (selon 7 classes : feuilles, fruits, tiges, branches, tronc, pivot, racines). De plus, sur chaque arbre ainsi étudié en 1996, un échantillon de feuilles choisies selon leur orientation, leur position sur l'axe et leur position dans l'arbre a été prélevé. Une première caractéristique des données de matière fraîche et de matière sèche est la forte variabilité des poids de feuilles, fruits, tiges, ou branches entre les cinq arbres étudiés pourtant du même âge, de la même famille hybride et provenant de la même parcelle. Cependant, les observations de 1996-1997 confirment que la répartition de la matière sèche entre les parties aérienne et souterraine est équivalente pour les arbres jeunes et adultes et entre des cacaoyers d'origine génétique différente. Elle se situe autour de 4/5 - 1/5. La surface

foliaire des arbres adultes, qui est renouvelée au moins chaque année, varie beaucoup et ce pour des arbres phénotypiquement semblables. Il semble donc que cette variation ne soit pas l'expression des seules potentialités génétiques ; d'autres facteurs culturaux ou climatiques affectent les caractéristiques de l'appareil végétatif du cacaoyer.

Concernant les analyses foliaires, les valeurs de taille et de surface obtenues au Vanuatu sont comparables à celles citées dans la littérature. L'analyse des variables longueur, largeur et poids de la feuille permet de mettre en évidence un effet marqué des paramètres orientation, hauteur et position de la feuille sur l'axe, sans interaction entre ces facteurs. Les feuilles exposées au sud, et dans une moindre mesure à l'est, sont toujours plus grandes, plus larges et plus lourdes. La surface des feuilles les moins exposées au soleil (le Vanuatu se situe dans l'hémisphère sud) est donc plus grande. Un gradient positif marqué de la densité foliaire du bas vers le haut de l'arbre, partie la plus éclairée, sans modification significative de la surface foliaire est apparu. Ce phénomène est probablement dû à une réduction des espaces intercellulaires sous l'effet d'une plus grande intensité lumineuse.

Afin d'étudier l'architecture du système racinaire du cacaoyer et d'appréhender les phénomènes de compétition pour le développement racinaire dans le cas d'une association cacaoyers-cocotiers, un dispositif d'observation a été mis en place au Vanuatu en 1994 et 1995. La description de systèmes racinaires après leur excavation et la mesure, en rhizotrons, des vitesses de croissance et de l'intensité de ramification de racines d'ordres différents se sont poursuivies en 1996-1997. Des mesures de flux de sève dans les troncs de cacaoyers, en culture pure ou en association avec des cocotiers, ont aussi été réalisées et ont donné lieu, fin 1996, à la présentation d'un poster à la XII^e conférence internationale sur la recherche cacaoyère.

L'étude de l'architecture des parties aériennes du cacaoyer cultivé en peuplement pur ou en association, en vue de sa modélisation, s'est poursuivie en 1996 sur le site de Gunung Batin en Indonésie. Plusieurs classes d'unité de croissance permettent de décrire l'ensemble des axes qui caractérisent le cacaoyer : unités de croissance longues, unités de croissance basales, médianes et terminales portant la jeune couronne. Les distributions des nombres d'entre-nœuds qui composent ces unités s'ajustent au mélange d'une loi binomiale et d'une loi binomiale négative. Deux classes d'unités de croissance décrivent les branches plagiotropes du premier et du deuxième niveau ainsi que les rameaux plagiotropes du premier niveau de couronne. Ce sont principalement des unités de croissance courtes, plus courtes que celles observées sur le tronc. Les relais orthotropes et les rameaux plagiotropes du deuxième niveau de couronne sont décrits par une classe d'unités de croissance également

courtes. Les distributions des nombres d'entre-nœuds qui les composent s'ajustent à une loi binomiale. Un gradient de dérive par unité de croissance et par ordre de ramification affecte l'ensemble des axes. Il se traduit par une vigueur décroissante des unités de croissance d'un ordre à l'autre, avec une réduction du nombre d'entre-nœuds néoformés et une diminution progressive de la proportion d'unités de croissance réalisant la néoformation. Ceci est l'expression de différents degrés de différenciation pour les méristèmes. Les conditions de culture, monoculture ou association, influencent ce développement du cacaoyer. Ainsi, par exemple, en culture pure, les troncs sont plus courts et les branches plagiotropes plus longues que sous ombrage de cocotiers. De même, l'apparition du premier niveau de couronne est plus précoce en culture pure.

Dans le cadre de l'étude de l'influence de l'ombrage sur les facteurs de production du cacaoyer, un essai d'ombrage artificiel (plein soleil, 30 %, 50 %, et 70 % d'interception) sur cacaoyers âgés de 10 ans a été mis en place au Vanuatu en 1994. L'analyse de la récolte 1995 n'avait pas permis de mettre en évidence un effet de l'ombrage sur la production. En 1996, on a observé un effet significatif de l'ombrage sur la production de cabosses saines : la production est significativement plus faible sous 70 % d'ombrage qu'en l'absence d'ombrage. Il n'y a pas de différence significative entre les productions enregistrées en plein soleil et sous un ombrage de 30 ou 50 %, et il n'existe pas d'interaction significative entre le facteur ombrage et le facteur famille (4 familles d'hybrides en essai). Un effet significatif du facteur famille a été mis en évidence sur les résultats de nombre de cabosses pourries et de cabosses rongées (différences génétiques de susceptibilité et/ou d'attractivité).

Dans le cadre de l'analyse de l'élaboration du rendement par le suivi de ses composantes, une attention particulière avait été portée, en Côte d'Ivoire entre 1990 et 1994, à la floraison et à la pollinisation. Le caractère déterminant de l'intensité de pollinisation sur la tenue et le remplissage des fruits avait été mis en évidence et modélisé.

Durabilité des systèmes de culture

Au Vanuatu, l'étude des conditions d'installation de cacaoyers, en association avec des cocotiers et avec des cultures annuelles avait mis en évidence l'existence d'un effet dépressif des cocotiers sur la croissance puis sur l'entrée en production des jeunes cacaoyers associés. En revanche, il n'est pas apparu d'arrière-effet significatif des différents traitements « cultures intercalaires » (taro, manioc, igname et

témoin sans culture vivrière). En 1996, l'influence de 4 densités de plantation de cocotiers associés sur le grainage des fèves de 5 familles de cacaoyers hybrides a été étudiée. Une augmentation de la densité de cocotiers associés, donc de la compétition, conduit à une baisse significative du poids moyen d'une cabosse fraîche et à une baisse significative du poids de fèves par cabosses. Parallèlement, le grainage (poids de 100 fèves) augmente avec la densité de cocotiers associés.

Par ailleurs, un nouvel essai d'association cacaoyers-cultures vivrières-cultures fruitières pérennes a été implanté en 1996-1997.

A São Tomé, le suivi des essais d'engrais implantés en 1992 et 1993 dans de grandes plantations a pu être assuré dans la plupart des cas et les résultats en partie analysés. Sur l'essai Guegue-Uba Budo, les productions de 1993 à 1995 ne font ressortir aucune différence entre les blocs fertilisés (formule « Entreprise ») et les témoins non fertilisés. Il en est de même de l'essai installé à Uba Budo Velho, comparant, sur un sol pauvre, un témoin non fertilisé à une fertilisation « diagnostic sol » et à une fertilisation standard « Entreprise ». En revanche, un effet favorable significatif de la fertilisation potassique a été observé en 1995 sur l'essai de correction potassique installé à Vista Allegra depuis 1993. En conclusion des résultats disponibles sur ces essais, il apparaît que l'impact du potentiel chimique du sol sur les productions n'a pas pu être mis clairement en évidence. La réponse aux corrections réalisées par des apports d'engrais a été contrecarrée par les fortes attaques de *Selenothrips rubrocinctus*. De plus, il n'a pas été effectué d'apports d'engrais spécifiques afin de corriger les carences en bore observées en 1996 sur certaines plantations. Il semble prioritaire d'aborder ce problème des carences en bore dans les prochaines années.

L'étude de la régénération des cacaoyères s'est poursuivie à São Tomé en 1996-1997 et a commencé en Equateur en 1996. A São Tomé on compare des replantations selon trois modalités d'élimination des vieux cacaoyers. Les productions enregistrées entre 1993 et 1995 indiquent que, lorsque de jeunes cacaoyers sont replantés sous ombrage de vieux cacaoyers progressivement éliminés, le rendement global de la parcelle n'augmente que très lentement d'une année à l'autre. Les jeunes cacaoyers ne compensent que partiellement, au cours des deux premières années, la perte de production due à l'enlèvement progressif des vieux cacaoyers. En considérant les résultats des différents essais de replantation mis en place à São Tomé, il apparaît que la réussite de la réhabilitation d'une vieille cacaoyère par replantation dépend du nombre de vieux cacaoyers en place et du potentiel chimique du sol.

Le mouvement de modernisation de la cacaoculture équatorienne qui a débuté à la fin des années 1980 a consisté en l'abattage de vieilles cacaoyères pour les replanter avec des clones sélectionnés. Cette technique, dite de « rénovation » est d'un coût élevé : achats des plants (environ 70 US\$/plant) ; nécessité d'irriguer les jeunes plants en phase d'installation ; absence de production pendant 3 ans.

Le projet a donc décidé de mettre en place des parcelles de validation en « réhabilitation par recépage », technique qui pourrait présenter une alternative intéressante à la rénovation : achat de plants limité à la redensification, émission rapide de rejets même en saison sèche car les souches des cacaoyers disposent de réserves et d'un enracinement profond.

Ces parcelles de validation sont formées de 100 arbres recépés et 100 arbres témoins. Le recépage a été effectué dans 4 sites en septembre et octobre 1996 et dans 6 sites en 1997 (entre les mois de juillet et septembre). Les données agroéconomiques provenant de ces 10 parcelles sont comparées aux observations effectuées sur 30 parcelles de rénovation installées fin 1993 ou début 1994. Il devrait être possible de présenter une première analyse agroéconomique comparative de ces deux modes de régénération des cacaoyères fin 1998.

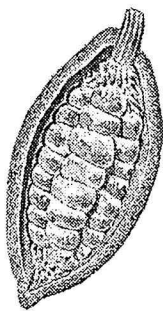
Les données disponibles en 1997 concernant les parcelles recépées ne sont que préliminaires. La production sur les témoins non recépés est très faible : 15 à 25 cabosses saines récoltées mensuellement sur 100 arbres entre juillet et septembre 1997 (soit 0,15 à 0,25 cabosse/mois/arbre). Les rejets sont fortement affectés par la maladie du balai de sorcière (de 30 % à 98 % des rejets suivant les sites), ce qui conduit à leur élimination partielle ou totale et retarde donc le retour en production de la parcelle. D'un commun accord avec l'Iniap, les rejets n'ont pas reçu de traitement fongicide. En outre, le climat très humide de l'année 1997 a particulièrement favorisé les attaques fongiques. Moins de 5 % des arbres recépés n'ont pas émis de rejets. Même situation pour les cacaoyers âgés de plus de 40 ans. Le matériel végétal recépé, d'ascendance Nacional x Trinitario, supporte mal le plein ensoleillement. Les rejets présentent des symptômes de *die-back*. Il est donc important de recommander la mise en place d'un ombrage provisoire (plantains, papayers) aussitôt après abattage des vieux cacaoyers.

Dans les parcelles recépées en 1996, les rejets sains ont commencé à porter des fleurs 10 mois après la coupe.

Lutte intégrée contre les principaux ravageurs des cacaoyers

A São Tomé, la présence d'insectes nuisibles est un important facteur limitant de la production. La punaise des cabosses *Bathycoelia thalassina* peut entraîner une perte de production de cacao de 35 %. Des études et expérimentations ont été entreprises pour connaître le cycle de développement de ce ravageur et la nature des dégâts occasionnés. Ces travaux ont permis de formuler une recommandation fiable (molécule, dose, époque et mode de traitement) pour lutter contre cette punaise. De plus, un système de fichier permettant de reporter les observations et de localiser ainsi les zones infestées a été mis au point. A la suite des dégâts importants apparus en 1996, des travaux ont été lancés en 1997 en vue de définir une stratégie de lutte intégrée contre le *Selenothrips rubrocinctus*. Des essais de molécules pesticides et de modes d'application, coordonnés à des travaux d'entretien et de restauration de l'ombrage permanent des cacaoyers ont donné des résultats significatifs en 1997. Ces travaux devraient être amplifiés au cours des prochaines années, avec notamment l'étude de l'influence du stress hydrique des cacaoyers sur l'intensité des attaques et la recherche de parasitoïdes et hyperparasites.

La lutte intégrée contre les mirides du cacaoyer a fait l'objet d'une étude comparative des composants biochimiques et de la structure anatomique des branchettes et des clones de cacaoyers reconnus sensibles ou tolérants aux mirides. Deux flavanols extraits de la fraction acide des composés phénoliques sont particulièrement abondants chez les génotypes attractifs. Par ailleurs, l'examen des coupes histologiques de 32 clones tend à montrer que la disposition en massifs des cellules sclérifiées est favorable à une bonne circulation d'eau chez les clones Trinitario sensibles. Le regroupement de ces sclérites en des assises continues chez les Amazoniens tolérants pourrait constituer, au contraire, une barrière à la pénétration des stylets de ces insectes piqueurs.



Lutte intégrée contre la pourriture brune des cabosses du cacaoyer

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

C. Cilas, responsable ;

G. Blaha, D. Berry, D. Bieysse, J. M. Brier (Csn),
M. Ducamp, M.H. Flament (en préparation de thèse),
C. Hérail, P. Jadin et D. Paulin.

Collaboration : C. F. Ortiz Garcia (Mexique), S. Nyassé
(en préparation de thèse, Irad, Cameroun) et I. Kébé
(Idefor-dcc, Côte d'Ivoire).

La pourriture brune des cabosses du cacaoyer, due à différentes espèces du genre *Phytophthora*, sévit dans toutes les zones de production. Avec plus de 50 % de pertes de cabosses, l'Afrique centrale est la région la plus affectée par cette maladie. L'étude et le contrôle de *Phytophthora* spp. représentent donc des enjeux majeurs pour l'avenir de la cacaoculture mondiale.

Pour ce projet, les années 1996 et 1997 ont été marquées par quatre événements importants :

- l'affectation de G. Blaha au Png Cocoa and Coconut Research Institute en Papouasie-Nouvelle-Guinée ;
- la soutenance d'une thèse sur l'étude de la diversité génétique de populations de *Phytophthora* pathogènes du cacaoyer et du cocotier ;
- la soutenance d'une thèse sur l'étude de la diversité génétique de populations de *Phytophthora megakarya* et la caractérisation de la résistance à ce pathogène de clones et d'hybrides de cacaoyers ;
- la poursuite d'un projet fédérateur sur la résistance génétique à la maladie, financé par Caobisco.

La maladie

En 1996, les études concernant la diversité génétique des populations de *Phytophthora* se sont poursuivies, notamment avec la soutenance de la thèse de C.F. Ortiz Garcia.

Des électrophorèses enzymatiques réalisées sur des isolats provenant de différents pays producteurs (Mexique, Indonésie, Philippines et Vanuatu), en comparaison avec différentes souches provenant de collections internationales ont permis de distinguer plusieurs espèces et de déterminer leur proximité. Ainsi, *P. palmivora* et *P. arecae* sont réunis en une seule espèce, car la distance génétique entre ces deux groupes est faible et leur croisement a donné une descendance viable.

Avec ces critères, l'existence des deux espèces *P. capsici* et *P. citrophthora* est confirmée, de même que celle d'un groupe taxonomique intermédiaire : *P. MF4*. Les analyses génétiques indiquent que les populations étudiées ne sont pas en équilibre de Hardy-Weinberg. De plus, les locus considérés se trouvent généralement en déséquilibre de liaison. Ces résultats suggèrent que ces pathogènes se multiplient principalement de façon végétative. L'importante diversité génétique observée chez *P. palmivora* dans le Sud-Est asiatique confirme que cette région est probablement un centre d'origine de cette espèce.

En 1997, les travaux de S. Nyassé présentés dans sa thèse venaient enrichir l'étude de la diversité génétique des populations de *Phytophthora*.

La diversité génétique d'isolats de *Phytophthora megakarya* provenant de plusieurs pays d'Afrique centrale (Cameroun, Gabon et São Tomé) et d'Afrique de l'Ouest a été étudiée à l'aide de marqueurs biochimiques (isozymes) et moléculaires (Rapid) en collaboration avec le laboratoire Agetrop de Montpellier. Ainsi, deux grands groupes d'isolats ont été identifiés, correspondant à la séparation biogéographique observée chez d'autres organismes. Ces deux grands groupes pourraient correspondre à deux sous-espèces qui se seraient séparées en raison de la période glaciaire datant d'environ 18 000 ans. La présence simultanée d'isolats présentant des signes de compatibilité sexuelle complémentaires à Ibule au Nigeria indique la possible existence de reproductions sexuées dans cette localité. Cette zone semble être le centre de diversité de la sous-espèce d'Afrique de l'Ouest.

Des prospections ont également eu lieu dans la région est de la Côte d'Ivoire. Leur objectif était de détecter l'éventuelle présence de *P. megakarya*, signalée au Ghana depuis plusieurs années. Cette espèce ne semble pas être arrivée en Côte d'Ivoire, mais la surveillance doit être maintenue les prochaines années.

En Papouasie-Nouvelle-Guinée, une collection d'isolats provenant de différentes zones de culture est en cours d'élaboration. Le pouvoir pathogène des différents isolats collectés est testé sur cortex de cabosses.

En épidémiologie, un modèle à compartiments a été élaboré au Vanuatu en 1996. Ce modèle épidémique a été amélioré au cours de l'année ; il constitue une base de travail pour synthétiser les connaissances sur le

développement de la maladie en conditions naturelles d'infection. La production potentielle au cours de la période de fructification est ajustée à une loi normale avec un $R^2 = 0,90$. Les cycles de fructification caractérisés par la précocité de production, la quantité de fruits produits, l'étalement de la période fructifère et la durée de celle-ci sont pris en compte pour déterminer l'impact de la maladie en fonction des caractéristiques climatiques (pluviométrie, hygrométrie relative et température moyenne). Les résultats de cette étude doivent donner lieu à une publication en 1998.

La résistance génétique

La moindre sensibilité des clones de la série SNK 600, sélectionnés au Cameroun par G. Blaha, a été confirmée par des observations conduites dans des parcelles de la station Irad de Nkoemvone. Ce matériel devrait être introduit dans les schémas d'amélioration génétique du Cameroun.

Une sélection combinée, individus-familles, sur un index associant une forte production et un faible taux d'attaque en conditions naturelles d'infection a été entreprise dans un essai diallèle du Cameroun. Ce travail, portant sur 6 années d'observation, a donné lieu à la rédaction d'un mémoire de Dess par Michel Ndoumbé. Les arbres identifiés devront être multipliés végétativement afin d'utiliser des génotypes, soit dans des essais clonaux, soit dans des plans de croisements.

Sur le même dispositif, des tests de sensibilité sur des rondelles de feuille ont été réalisés sur un échantillon de 10 arbres pour chacune des 30 familles du plan de croisements. L'analyse diallèle indique que l'héritabilité au sens strict de ce caractère est assez forte, de l'ordre de 0,4. Le classement des géniteurs est à peu près identique à celui obtenu avec les taux de cabosses pourries observés en champ sur 6 années de production ; la moindre sensibilité du géniteur UPA 134 est confirmée.

Les analyses de différents essais du Cameroun, de Côte d'Ivoire et du Togo ont permis de faire un bilan sur la transmission du caractère de résistance au champ. Ainsi, cette transmission est principalement de type additif et l'héritabilité du caractère augmente avec le nombre d'années. Les corrélations environnementales entre taux de pourriture et production sont positives. Dans une même famille, la maladie est donc plus importante chez les arbres portant beaucoup de fruits, ce qui suggère une infection secondaire non négligeable, de cabosse à cabosse, dans le processus épidémique. En revanche, les corrélations génétiques entre ces mêmes variables sont toujours négatives, ce qui implique qu'il est relativement aisé de sélectionner des croisements ou des individus bons producteurs et peu sensibles à la maladie. Les classements des géniteurs utilisés dans ces trois pays sont cohérents. Les Trinitario présentent de plus fortes attaques que les Forastero. Les géniteurs les

plus intéressants parmi les trente testés sont : Sca 6, P 7, Pa 150 et T85/799. Une sélection combinée individus-familles sur un index pour lequel une forte production est associée à un faible taux d'attaque a été entreprise dans l'essai diallèle du Cameroun et dans un plan factoriel de croisements de Côte d'Ivoire. Les arbres identifiés devront être multipliés végétativement afin d'utiliser ces génotypes, soit dans des essais clonaux, soit dans des plans de croisements.

Afin de déterminer l'influence des différents facteurs supposés agir sur la résistance au champ, des observations ont été réalisées sur 19 familles de pleins frères au Vanuatu. La résistance des cabosses, estimée par leur réaction à des inoculations artificielles, n'ayant pas permis de séparer la dizaine de familles étudiées en 1995, les recherches se sont orientées vers la prise en compte de facteurs d'esquive. Ainsi, les familles à production groupée et tardive sont les moins attaquées en conditions naturelles d'infection. Ces relations doivent être confirmées en 1998 avec de nouvelles données prélevées en 1997. Une étude de la durée des cycles de fructification de plusieurs clones a été entreprise au Cameroun et ce caractère, très variable entre les différents groupes génétiques, paraît lié aux taux de pourriture observés en champs.

Différentes études ont été menées au Cameroun par des étudiants en thèse, Marie-Henriette Flament et Salomon Nyassé, avec l'appui du projet Caobisco. Ces travaux ont porté sur la mise en œuvre de tests de feuilles et de tests de cabosses sur des clones et sur des familles issues d'un plan de croisements diallèle entre 6 géniteurs. Les tests d'inoculation sur feuilles sont génétiquement corrélés à ceux effectués sur cabosses et correspondent, pour 5 clones en essai, aux classements obtenus en champ. En revanche, il existe des corrélations environnementales négatives entre les résultats obtenus pour chacun des deux types de test. Des résultats obtenus en Côte d'Ivoire apportent quelques éléments d'explication : les feuilles exposées au soleil seraient plus sensibles que celles situées à l'ombre, contrairement à ce qui est observé sur cabosses. Ces premières constatations doivent être confirmées.

En Papouasie-Nouvelle-Guinée, les tests réalisés sur des disques de feuille sont très bien corrélés aux observations des chancres (*stem canker*) sur les différents clones étudiés. Cette corrélation est plus importante que celle obtenue entre les tests sur disques de feuille et taux de pourriture sur cabosses.

L'étude des bases génétiques de la résistance à *P. palmivora* et à *P. megakarya* s'est poursuivie à l'aide d'outils moléculaires. Plusieurs descendances situées au Cameroun, en Côte d'Ivoire et à Trinidad sont en cours d'étude dans le cadre du projet Caobisco.

Dans cette perspective, plusieurs descendances du Cameroun ont été étudiées : UPA 134 x SNK 10, UPA 134 x ICS 84, IMC 67 x SNK 413. Des tests sur cabosses, des tests sur feuilles et des observations sur la morpho-

logie des cabosses sont réalisés. Le tri des sondes moléculaires polymorphes entre les parents des croisements est partiellement réalisé.

Pour les descendance de Trinidad, des marqueurs polymorphes isoenzymes, microsatellites et Rapd ont été sélectionnés, et des tests sur cabosses et sur feuilles sont réalisés.

Pour la descendance UPA 134 x UF 676 de Côte d'Ivoire, l'établissement d'une carte génétique moléculaire saturée s'est poursuivie à l'aide de marqueurs Aflp et microsatellites mis au point au laboratoire Agetrop. Cette carte comporte désormais 357 marqueurs liés en 10 groupes de liaison, parmi lesquels on peut compter 137 marqueurs Aflp et 15 marqueurs microsatellites. La distance totale de la carte est désormais de 872 cM avec une distance moyenne de 2,4 cM entre 2 marqueurs. L'analyse des Qtls a été réalisée à l'aide de Mapmaker Qtl (version 1.9). Les Qtls apportés par chacun des parents de la descendance ont pu être analysés séparément.

Pour le parent UPA 402, 2 régions du génome semblent impliquées dans le taux de pourriture au champ : l'une sur le chromosome 1 qui explique 19 % de la variation, l'autre sur le chromosome 9 qui explique 7,5 % de la variation. Pour le parent UF 676, 2 régions, situées sur les chromosomes 1 et 9 sont également impliquées et expliquent respectivement 15 et 6 % de la variation du caractère. Au total, 47 % de la variation du taux de pourriture au champ sont donc expliqués par l'ensemble de ces Qtls. Les Qtls situés sur le chromosome 9 de chaque parent sont localisés au même endroit.

Les Qtls situés sur le chromosome 1 sont localisés à environ 30 cM l'un de l'autre ; cependant à cet endroit du génome, la carte de UPA 402 est très incomplète et le Qtl n'est donc pas localisé avec précision. Il apparaît donc nécessaire de saturer cette région du génome pour voir s'il y aurait, là aussi, une localisation commune des Qtls entre les 2 parents. En ce qui concerne les résultats des tests sur feuilles, seules les valeurs d'accroissement des taches entre 5 et 7 jours ont permis de mettre en évidence des effets génétiques (Qtls) significatifs. Cependant, les résultats ne sont pas observés avec une bonne répétabilité entre les résultats des 3 séries de tests réalisés.

La lutte chimique

Au Cameroun, l'efficacité d'une nouvelle lance a été testée dans des parcelles paysannes de la région d'Ebolowa et du Mbam. Cette lance à jet variable, placée sur un pulvérisateur classique à pression entretenue, devait

permettre d'atteindre les cabosses dans les parties hautes des arbres. Les essais n'ont pas permis de mettre en évidence la supériorité de ce matériel, probablement en raison des faibles taux de pourriture enregistrés cette année : 9 % avec le traitement et 23 % chez les témoins non traités.

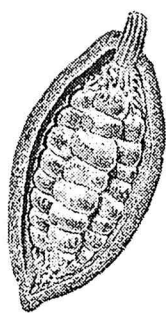
Au Cameroun, trois techniques d'application de fongicides (pulvérisateur à dos équipé d'une lance traditionnelle, pulvérisateur à dos équipé d'une lance à jet directionnel et atomiseur) ont été comparées afin de confirmer l'efficacité de la lance directionnelle dont l'utilisation engendre une réduction des coûts de traitement. Les essais, menés sur 2 sites, ont débuté en juillet 1996. Les relevés hebdomadaires ont été réalisés et les données doivent être analysées prochainement. Par ailleurs, des traitements mixtes fongicides-insecticides contre la pourriture brune et les mirides ont été expérimentés dans la station de Nkoemvone. Leur particularité réside dans une diminution du nombre de passages dans les parcelles, ce qui doit entraîner un abaissement des coûts de production si l'efficacité d'une telle pratique est confirmée. Les résultats préliminaires montrent une bonne efficacité des traitements mixtes Ridomil-Basudine.

La lutte intégrée

Le premier objectif de la lutte intégrée est de synthétiser les résultats obtenus dans les opérations précédentes afin de tester et de proposer des techniques de lutte faisant intervenir la résistance génétique, la lutte chimique, et éventuellement des recommandations agronomiques en vue de diminuer les pertes dues aux attaques des différentes espèces du genre *Phytophthora*.

En ce qui concerne les aspects agronomiques, des travaux sont actuellement conduits par G. Blaha en Papouasie-Nouvelle-Guinée, notamment dans la perspective d'identifier des techniques culturales susceptibles d'entraîner une diminution de l'impact de la maladie. Les expérimentations en cours concernent principalement des techniques de taille des couronnes.

A partir des résultats acquis, la mise en place de parcelles de démonstration avec du matériel végétal sélectionné au Cameroun et en Côte d'Ivoire permettrait d'évaluer la fréquence des traitements nécessaire pour un contrôle efficace de la maladie. Cette opération devrait permettre de vulgariser du matériel végétal moins sensible et des techniques de lutte moins coûteuses, car adaptées à des hybrides moins sensibles.



Etude des relations cacaoyer-swollen shoot pour la création variétale en Afrique de l'Ouest

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

D. Despréaux, responsable ;

J. N'Guyen Ban et D. Paulin.

Partenaires : M. Jacquemont (Inra, Avignon) et P. Yot (Cnrs, Strasbourg).

La coopération avec le principal partenaire du projet, l'Ircc Togo, n'a pas pu être reprise au cours des années 1996 et 1997. Les travaux de recherche concernant ce projet ont donc été très limités. Une activité de développement a permis d'appliquer les résultats acquis par la recherche au cours de ces dernières années.

Etude comparative des composants biochimiques des branchettes de cacaoyer

Des études comparatives des composants biochimiques et de la structure anatomique des branchettes de clones de cacaoyer sensibles et tolérants aux mirides ont été entreprises.

Concernant les indicateurs biochimiques de la sensibilité du cacaoyer aux punaises, les premiers résultats d'analyse semblent montrer que deux flavonols extraits de la fraction acide des composés phénoliques sont particulièrement abondants chez les génotypes attractifs aux mirides. Cette analyse sera effectuée sur d'autres cultivars en vue d'établir la relation entre la présence des 2 flavonols identifiés et la sensibilité des clones aux attaques de mirides.

L'étude phénologique et histologique des branchettes de cacaoyer a révélé des différences entre les clones attractifs et non attractifs.

Sur le plan de la phénologie, les branchettes des clones attractifs aux mirides (Trinitario UF 667, UF 676) émettent des poussées foliaires (*flushes*) courtes mais plus riches en eau libre dans leur tissu que ne le sont celles des clones Amazoniens (UPA 402, UPA 620) peu attractifs. La teneur en eau de l'Amelonado IFC 5, se rapproche de celle évaluée chez les Trinitario sensibles.

L'examen des coupes histologiques, effectuées dans 32 clones de cacaoyer, tend à montrer que la disposition en massifs des cellules sclérifiées est favorable à une bonne circulation d'eau chez les Trinitario réceptifs alors que le regroupement des sclérites en des assises continues

chez les clones Amazoniens tolérants peut constituer, au contraire, une barrière à la pénétration des stylets de mirides.

Par ailleurs, l'épiderme du clone tolérant E (J92/70) renferme des dépôts de phénols répartis sur plusieurs assises cellulaires, alors que l'ICS 100 sensible ne contient qu'une quantité réduite de polyphénols dans sa couche superficielle.

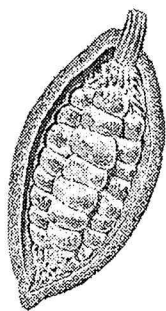
Mise au point d'une méthode d'inoculation du virus

La difficulté d'inoculer expérimentalement le virus du *swollen shoot* du cacaoyer (Csshv), mécaniquement ou par son vecteur naturel, a longtemps retardé le développement de la connaissance de cette maladie. J. Emmanuel, de l'équipe de P. Yot de l'Institut de biologie moléculaire des plantes du Cnrs, a réussi à transférer le génome d'ADN du virus du *swollen shoot* dans de jeunes plants de cacaoyers par le biais d'*Agrobacterium tumefaciens*.

Suivi d'une campagne d'éradication au Ghana

Le Cirad, conjointement avec Agrotech, apporte son concours au Cocoa Service Division du Ghana pour le suivi du *Cocoa swollen shoot virus disease control project* financé par l'Union européenne sur des fonds Stabex. La première phase de ce projet s'est déroulée de juillet 1994 à avril 1997. Afin de créer un cordon sanitaire de 550 000 hectares protégeant les régions de l'ouest du Ghana, qui produisent 90 % du cacao ghanéen, 13,7 millions de cacaoyers atteints de *swollen shoot* ont été arrachés (137 % de l'objectif).

L'évaluation finale de la première phase de cette campagne d'éradication conclut qu'une seconde phase de trois ans est impérativement nécessaire pour l'achèvement de cette éradication dans le cordon sanitaire. Celui-ci est jugé d'intérêt national. Il est recommandé que 22 millions de cacaoyers y soient encore arrachés et que la replantation de cacaoyers soit effective sur 50 % des surfaces éradiquées et soit l'objet d'un important appui technique et financier.



Vers un cacao de qualité supérieure

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

E. Cros, responsable ;

S. Assemat, J.L. Battini, P. Bastide, S. Chanliau (en préparation de thèse), D. Clément, F. Davrieux et J.J. Perriot.

Partenaire : J. N'Goran (Idefor-dcc, Côte d'Ivoire).

Les trois points suivants constituent les travaux majeurs effectués en 1996 et 1997 :

- étude du profil aromatique des cacaos et des marqueurs de qualité ;
- poursuite de l'étude de la ségrégation des caractères de qualité dans une descendance ;
- rédaction d'un ouvrage sur le cacao et le chocolat en collaboration avec Cacao Barry.

des traitements post-récolte. En effet, peu de composés nouveaux apparaissent à la torréfaction, laquelle conduit essentiellement à l'augmentation de la teneur des composés préexistants.

Une collaboration informelle a été entreprise avec Jean Lenoir et Didier Guernonprez (*Le Nez du Vin*) afin de comparer nos descripteurs d'odeur avec les leurs et de bénéficier de leur grande expérience dans l'olfaction.

Chimie du cacao

A la demande d'un industriel, une revue bibliographique de la chimie appliquée à la chocolaterie, pendant les 5 à 10 dernières années, a été réalisée.

Développement de l'arôme cacao

Identification de la fraction volatile

Quelques composés préalablement caractérisés dans les diverses fractions volatiles du cacao (avant et après torréfaction) ont été identifiés. Il s'agit essentiellement de pyrazines et de composés soufrés.

Marqueurs de la qualité aromatique du cacao

A la suite des travaux préalablement entrepris concernant la caractérisation des composés odorants présentant une forte contribution à l'arôme cacao (contrat privé), le profil aromatique de divers cacaos marchands a été déterminé par analyse organoleptique et physico-chimique (profil chromatographique et olfactométrie, méthode Aeda).

La technique d'olfactométrie a été améliorée et de nouveaux composés odorants ont pu être ainsi caractérisés. L'identification de ces composés fera l'objet de publication mais la caractérisation des profils restera confidentielle.

Les résultats confirment l'importance qualitative et quantitative de l'arôme développé au cours

Evaluation des ressources génétiques

Etude des qualités organoleptiques des cacaoyers au Vanuatu

Pour des raisons relevant de la qualité du matériel végétal reçu à Montpellier, il n'a pas été possible de conduire le deuxième volet de l'étude de l'influence des conditions de traitement sur la qualité du cacao.

En revanche, l'évaluation du matériel végétal a été poursuivie. Quatre nouveaux clones (UF 667, TAG 11, BE 10 et MO 98 de la récolte 1995) ainsi que les mêmes cacaos étudiés l'an dernier (Amelonado, UPA 402 x UF 676, TAG 3, TAG 4, TAG 6 et TAG 10) ont été examinés.

La comparaison des résultats avec ceux obtenus en 1995 (récolte 1994) montre une variabilité surprenante. Ainsi, le poids de 100 fèves, qui dépend peu de la fermentation, est environ 20 % plus élevé cette année. De même, la teneur en matière grasse dépasse largement les 50 % pour tous les échantillons alors que celle de tous les TAG (récolte 1994) était très inférieure.

En raison d'une fermentation trop courte, les échantillons se caractérisent par une acidité chimique

très élevée ($4,5 < \text{pH} < 4,9$). Cette acidité est également très nette à la dégustation, ce qui fausse l'évaluation globale des échantillons. Malgré ce défaut, six cacaos obtiennent une note supérieure à la moyenne. Comme précédemment, l'hybride UPA 402 x UF 676 est un des cacaos les moins aromatiques.

L'ensemble des échantillons se caractérise par une note « fruitée » assez élevée, déjà observée dans les lots précédents.

Autres activités

Cacao et chocolat

La rédaction de l'ouvrage *Cacao et Chocolat - Production, utilisation et caractéristiques* en collaboration avec Cacao Barry a été achevée. Ce document comprend cinq grandes parties intitulées : Le cacao, Traitement du cacao et semi-produits, Industrie du chocolat, Méthodes analytiques, Aspect organoleptique et contaminants. Emile Cros a rédigé les chapitres sur la formation de l'arôme cacao, la torréfaction et l'alcalinisation ainsi qu'une partie de celui consacré aux méthodes analytiques.

Atp « Caractères de qualité : approche biochimique, technologique et génétique »

Le projet, commencé en 1995, a pour objectif de mieux comprendre le déterminisme des caractères de qualité grâce à une approche multidisciplinaire. La ségrégation des caractères technologiques et biochimiques intervenant dans la qualité et celle des marqueurs moléculaires doivent être déterminées dans la descendance UPA 402 X UF 676 (descendance sélectionnée en 1995).

En 1996, le programme des travaux n'a pas pu être conduit comme initialement prévu. En effet, la taille trop faible des échantillons pollinisés manuellement nous a conduit à réorienter les recherches vers l'effet maternel sur le potentiel aromatique du cacao. Il s'agit de comparer des fruits d'un même arbre provenant respectivement de pollinisation manuelle (par Catongo) et pollinisation naturelle. En effet, la pulpe qui entoure les fèves est un tissu maternel et la qualité de cette pulpe est déterminante dans la formation de l'arôme développé au cours de la fermentation. Seuls 24 couples de cacaos ont pu être analysés.

Sur ces échantillons, les analyses suivantes ont été réalisées :

- qualité chocolatière : granulométrie, teneur en beurre ;

- potentiel aromatique : profil aromatique (arôme fermentaire), teneurs en précurseurs d'arôme thermique (sucres, acides aminés).

En toute première approximation, il apparaît que l'effet pollen est faible comparé à l'effet arbre et ceci pour toutes les données, à l'exception de la taille des fèves. En effet, une très forte ségrégation des caractères de qualité est observée, en particulier pour le caractère aromatique (coefficient de variation supérieur ou très supérieur à 50 %) et ceci quel que soit le mode de pollinisation.

La première difficulté de cette analyse concerne le nombre élevé de variables (une centaine) et l'étude des composés volatils dont l'origine ne peut être que fermentaire (alcools, esters et quelques pyrazines) sera approfondie. La deuxième difficulté est liée à la taille de l'échantillon, qui ne permet pas d'effectuer d'analyse sensorielle. La dernière difficulté provient de la nature de la descendance, choisie la première année en raison de sa grande variabilité.

En revanche, en 1997, les mêmes déterminations (sauf le profil aromatique déterminé sur le cacao torréfié) ont été effectuées sur 114 individus de la descendance. Les résultats sont en cours d'analyse statistique.

Les premiers résultats définitifs montrent que :

- contrairement à l'idée répandue, il n'y a pas de corrélation entre la teneur en matière grasse dans cette descendance et la taille des fèves ;
- il n'y a pas non plus de corrélation entre la teneur en acides aminés libres et celle en sucres réducteurs ;
- une corrélation est observée entre la teneur en matière grasse et celle en acides aminés libres ($r = - 0,5$) et entre la teneur en sucres réducteurs et le rapport des teneurs fructose/glucose ($r = - 0,4$) ;
- les distributions des teneurs en beurre et en acides aminés libres totaux sont gaussiennes ;
- celles des acides aminés du groupe I, du groupe II + III, des sucres réducteurs, du rapport fructose/glucose, du manitol, du stachyose et du poids de 100 fèves sont bimodales ou inclassables.

La distribution des caractères de qualité (tableau 1) montre que :

- les coefficients de variation des composés du métabolisme primaire sont très faibles par rapport à ceux (résultats partiels) des composés aromatiques (souvent 500 %) ;
- les valeurs des moyennes sont, à une exception près, comprises entre celles des parents ;
- pour une majorité de la population, l'effet maternel est marqué pour les caractères « teneur en acides aminés » et « rapport des teneurs fructose/glucose » et très prononcé pour le caractère « taille des fèves » (poids de 100 fèves) ;
- un effet paternel est observé pour la « teneur en sucres réducteurs ».

Tableau 1. Distribution des caractères de qualité dans la descendance.

Variable	Parents		Descendance		
	UPA 402	UF 706	Moyenne	Ecart-type	CV (%)
Poids 100 fèves	133	241	113,5	29,9	26,4
MG (%)	52,3	55,9	53,3	2,98	5,6
AAL (%)	0,973	0,420	0,783	0,176	22,5
AAL gr I (%)	0,459	0,191	0,361	0,084	23,3
AAL gr II et III (%)	0,514	0,096	0,421	0,096	22,8
Sucres réducteurs (%)	0,58	0,96	0,90	0,23	25,6
Fructose (%)	2,47	5,08	3,26	0,93	28,5
Manitol (%)	0,19	0,18	1,175	0,081	6,9
Stachyose (%)	0,04	0,04	0,072	0,036	50,0

L'étude de la population par analyses en composantes principales confirme les corrélations matières grasses-acides aminés et sucres réducteurs - rapport fructose/glucose. Elle met également en évidence 3 variables indépendantes (poids de 100 fèves, manitol et stachyose) qui contribuent à la construction d'un seul axe.

Activités de service

Le laboratoire a, comme tous les ans effectué des analyses de contrôle ou d'évaluation de la qualité à la demande d'industriels ou de collègues outre-mer et participé aux stages de formation sur le café.



Modernisation des itinéraires techniques de la filière cacao

Ont participé à la réalisation de ce projet :

M. Barel, responsable ;

C. Cilas, M. Berthouly, M. Boccara, L. Alemanno, B. Decazy, F. Augier (en préparation de thèse), J.J. Perriot.

Avec la collaboration de : J. Schwendiman, N. Michaux-Ferrière et J. Escoute (Cirad-gerdat-biotrop) et G. Piombo (Cirad-gerdat).

Partenaires : C. Andary (faculté de pharmacie de Montpellier), J.C. Benet (université Montpellier II), G. Alibert (Ensa Toulouse), G. Mussard (Rhône-Poulenc), A. Coulibaly (Rhône-Poulenc), D. Medus (Ruggieri), N. Coulibaly (Idefor-dcc), P. Gauthier et P. Colavitti (Gauthier, Montpellier), V. Obeso (Itvh, Mexique), R. Morales (Itvh, Mexique), M. Vizcarra (Uam, Mexique) et J. N'Ganhou (Inpy, Cameroun).

L'objectif de ce projet est d'identifier, d'explorer et de valider de nouveaux systèmes d'installation et de production à développer pour la modernisation de la filière cacao, depuis le verger jusqu'à la chocolaterie. Pour cela il intègre des innovations agronomiques et techniques compatibles avec les conditions socio-économiques propres à chaque étape de la production et de la transformation.

Biotechnologies : micropropagation du cacaoyer par embryogenèse somatique

La callogenèse à partir d'explants foliaires en milieu solide

Etude histologique de la callogenèse

L'induction de la callogenèse a lieu en milieu solide pendant 3 semaines. Dès le deuxième jour de la culture, on observe la réactivation et la division des cellules péri-vasculaires. Les cellules de l'explant ne contiennent pas de polyphénols. Au bout de 5 jours, on note un début de synthèse de polyphénols par les cellules dont certaines

meurent ; la multiplication se poursuit. Dix jours après la mise en culture, les cals sont mis en place, des foyers de cellules méristématiques sont présents, et la synthèse de composés phénoliques continue. A partir de 2 semaines de culture, on note une dégénérescence du cal qui se traduit par une synthèse polyphénolique importante et une disparition des cellules méristématiques.

Etude de quelques facteurs du milieu

Afin d'améliorer la qualité du cal issu de feuilles (augmentation de la proportion de cellules méristématiques et réduction de la synthèse de polyphénols), plusieurs facteurs du milieu ont été étudiés : addition d'acides aminés (proline, glycine, glutamine, arginine, tryptophane et leucine) ; quantité d'azote total ; rapport NO_3/NH_4 ; quantité de phosphore ; récipient de culture ; rapport 2,4-D/kinétine ; concentration en saccharose.

Optimisation du milieu de callogenèse primaire

L'analyse histologique des cals obtenus jusqu'en 1996 montre qu'ils sont, le plus souvent, constitués de quelques méristèmes racinaires et de nombreuses cellules différenciées accumulant des polyphénols. On s'est donc efforcé, en 1997, d'améliorer les cals primaires, c'est-à-dire d'augmenter la proportion de cellules méristématiques et de diminuer la synthèse de polyphénols.

Pour cela, plusieurs voies de recherche ont été envisagées.

Source carbonée

L'utilisation de glucose, de fructose, de galactose, de maltose, de lactose et de saccharose seuls ou en combinaison deux à deux, à des proportions (1/1 et 1/3) et à des concentrations différentes (40 g/l, 60 g/l et 80 g/l) a permis de montrer la supériorité du glucose à 40 g/l sur tous les autres sucres et mélanges testés.

Régulateurs de croissance

Dans le milieu de base, les régulateurs de croissance utilisés sont l'AIB (0,2 mg/l), le 3,4-D (0,1mg/l) et le 2IP (0,01 mg/l). Ces faibles concentrations suffisent à induire la callogenèse.

L'hypothèse que ces concentrations sont sub-optimales a été émise. Des concentrations plus faibles ont donc été testées, ainsi que des chocs auxiniques (quelques jours de culture sur un milieu avec des régulateurs de croissance puis repiquage sur un milieu sans hormones). Aucun des traitements n'a permis d'améliorer la callogenèse.

L'augmentation de la quantité d'auxines dans le milieu a permis une amélioration, mais c'est surtout la suppression de l'AIB et l'accroissement de la concentration en 3,4-D (jusqu'à 10 mg/l) qui a induit la disparition de la formation de racines et la réactivation massive des cellules périvasculaires. Les cals obtenus possèdent donc de grandes plages de cellules méristématiques. L'effet est plus ou moins important selon les clones, mais il est toujours positif.

Des études sont en cours pour évaluer l'influence de 4 cytokinines en combinaison avec le 3,4-D.

« Ralentisseurs » de croissance

L'ancymidol, un anti-gibbérellique, a été introduit dans le milieu de callogenèse pour essayer de réduire l'élongation des cellules et la croissance des cals. L'addition d'ancymidol, aux concentrations de 2 et 3 mg/l, permet une nette augmentation du nombre de zones méristématiques ainsi qu'une friabilisation relative de celle-ci.

Composition minérale

Afin d'adapter la composition minérale du milieu de culture aux besoins des explants foliaires de cacaoyer, une collaboration avec le professeur Morard de l'Ensa de Toulouse a été entreprise. Après une analyse minérale de feuilles de cacaoyer, cette équipe a défini un milieu minéral dont la composition est proche de celle des feuilles. Plusieurs formulations ont été essayées en ce qui concerne la source azotée et notamment le rapport $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$. L'utilisation de nitrates comme seule source d'azote ne permet pas la callogenèse. En revanche, celle-ci est induite en remplaçant 30 % des nitrates par de l'ammonium. La qualité du cal semble peu modifiée par cette nouvelle formulation.

Charbon actif

En vue de diminuer la synthèse de polyphénols par les cals de cacaoyer, du charbon actif a été ajouté au milieu de callogenèse. Les doses utilisées ont, le plus souvent, inhibé la callogenèse.

Etudes en cours

Compte tenu des résultats récents concernant l'amélioration due à l'utilisation du 3,4-D, plusieurs manipulations sont en cours pour évaluer l'influence des facteurs déjà étudiés en combinaison avec cette auxine. Il s'agit de la source carbonée, de l'ancymidol, de la composition minérale et du charbon actif.

Des études sont également en cours pour obtenir la friabilisation, par l'augmentation de la quantité de

calcium dans le milieu, des zones méristématiques importantes obtenues grâce au 3,4-D.

Conclusion

Grâce à ces études, une amélioration significative de la callogenèse a été obtenue. Ainsi, pour de nombreux clones testés, on obtient après 14 jours de culture des cals riches en cellules méristématiques d'origine périvasculaire. Quelques manipulations sont actuellement en cours pour préciser certaines interrogations, mais nous considérons que le cal possède une qualité suffisante pour commencer à travailler sur les étapes suivantes : l'induction embryogène et la régénération.

Les suspensions cellulaires

L'établissement de suspensions cellulaires étant désormais possible pour tous les géotypes testés, des manipulations ont été menées pour améliorer les conditions d'entretien des cellules et/ou agrégats à caractères embryogènes. Les résultats obtenus ont permis de définir le milieu suivant :

- utilisation de 3,4-D et de kinétine à faible dose (0,03 mg/l) ;
- baisse des concentrations en sucres (de 80 à 40 g/l) ;
- ajout de calcium pour l'établissement des suspensions ;
- combinaison de sucres : saccharose-glucose ;
- utilisation d'acide ascorbique et citrique ;
- dose d'inoculum (3 ml de Pcv pour 60 ml de milieu de culture).

Quelques essais de régénération en milieu solide ont été réalisés à partir de telles suspensions. Aucune régénération d'embryons n'a été observée, mais l'augmentation de la quantité de gelrite (4 g/l) a permis d'obtenir la différenciation de proembryons.

Les protoplastes foliaires

Dans le but de définir un milieu de culture adapté aux besoins nutritionnels du cacaoyer, une mission a été réalisée au centre Inra de Versailles. Pour plus de détails, consulter le rapport de mission Doc. CP n° 635-96.

Isolement des protoplastes foliaires

L'influence de plusieurs conditions sur la viabilité des protoplastes a été étudiée : milieu de macération, découpage de l'explant, agitation pendant la digestion, temps de digestion, diminution des concentrations enzymatiques, pression osmotique du milieu de digestion, rinçage des protoplastes.

Les résultats de ces manipulations ont permis de définir un protocole d'isolement qui permet d'obtenir des protoplastes viables à 50 %.

Mises en culture des protoplastes foliaires

Le suivi de la viabilité des protoplastes au cours du temps montre que celle-ci chute de façon drastique dès les premières 24 heures de culture. Ainsi, la viabilité est d'environ 50 % au moment de la mise en culture et chute autour de 10-20 % un jour après. Elle semble ensuite se stabiliser pendant une semaine, mais dès la deuxième semaine de culture, elle diminue encore.

Cette mortalité élevée et si rapide des protoplastes serait due soit à l'isolement insatisfaisant des protoplastes, soit au milieu de culture des protoplastes.

Plusieurs mises en culture de protoplastes foliaires ont été réalisées, les facteurs suivants ayant été testés : source carbonée (glucose, maltose, fructose et galactose), minéraux (NH_4NO_3 , KNO_3 , H_3BO_3 , KCL , citrate ammonium ferrique, CuSO_4 , $5\text{H}_2\text{OZnSO}_4$, $7\text{H}_2\text{O MgSO}_4$, $7\text{H}_2\text{O}$) et les régulateurs de croissance (2,4-D et 3,4-D).

Nouveaux procédés de transformation primaire

Modélisation des transferts de matière et d'énergie dans la graine de cacao au cours du séchage

L'étude fondamentale des transferts de matière et de leurs cinétiques dans la graine de cacao, en mode conductif, est menée avec l'université Montpellier II, laboratoire de mécanique et génie civil. L'objectif est de comprendre les phénomènes de diffusion et de croûtage que subissent les graines de cacao au cours de leur séchage et de connaître les raisons qui induisent une rétention de l'acidité volatile dans les graines séchées artificiellement.

L'étude fait l'objet d'une thèse de doctorat, option tropicale, qui est menée par Fabrice Augier, boursier du Menesr.

Une boucle thermodynamique mobile a été mise en place à l'Instituto Tecnológico de Villahermosa, Etat de Tabasco, Mexique (Itvh). Un laboratoire d'analyses chimiques y a été installé et des contacts ont été pris avec les producteurs de cacao, pour assurer l'approvisionnement en matière première.

Fabrice Augier a séjourné sur ce site durant 8 mois en 1996-1997 et trois étudiants de l'Itvh ont participé aux essais dans le cadre de leur stage de *Maestria*.

Des graines de cacao, soumises à différentes conditions de séchage (vitesse, température et hygrométrie de l'air en convection, température en conduction) sont prélevées au cours du séchage et coupées en couches fines, correspondant à 5 niveaux d'épaisseur

de la demi-graine. Chaque niveau est analysé pour la teneur en eau et en acide acétique. Des profils de teneur en eau et en acide acétique sont ainsi obtenus et les cinétiques de séchage sont déterminées.

Les premiers résultats montrent une diminution normale de la teneur en eau, avec trois phases distinctes : une décroissance rapide, une phase intermédiaire et une phase finale plus lente. La teneur en eau globale des graines décroît selon une régression logarithmique. La figure 1 montre cette évolution au cours des 8 premières heures de séchage en mode convectif. Les conditions thermodynamiques de l'air de séchage étaient :

- température : 65 °C ;
- humidité relative : 40 % ;
- vitesse linéaire : 0,5 m/s.

La figure 2 montre l'évolution de la teneur en eau de chaque couche de la graine et de la coque. La couche centrale est celle qui contient le plus d'eau, puis en se déplaçant vers l'extérieur (couches 3, 2 et 1) la teneur en eau pour un temps donné est de plus en plus faible.

La coque se comporte différemment, puisqu'elle perd beaucoup d'eau au cours des deux premières heures puis elle se stabilise autour de 20 %.

La teneur en acide acétique ne suit pas la même évolution. Elle devient vite constante lorsque la teneur en eau diminue vite. Ceci tendrait à montrer que, jusqu'à une certaine teneur, l'eau se comporte comme un vecteur de l'acide. Ce résultat pourrait expliquer les phénomènes de rétention d'acide en séchage artificiel.

Par ailleurs, le rôle de la coque paraît prépondérant et doit être sérieusement examiné.

Enfin, une teneur limite en acide acétique semble ne pas pouvoir être dépassée. Cette valeur pourrait correspondre à une forme d'acide acétique liée chimiquement à des composants de la graine de cacao.

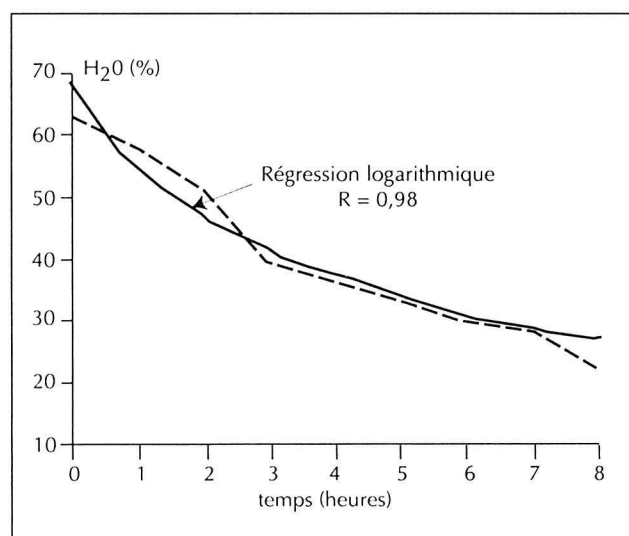


Figure 1. Evolution de la teneur en eau des graines de cacao au cours des 8 premières heures de séchage.

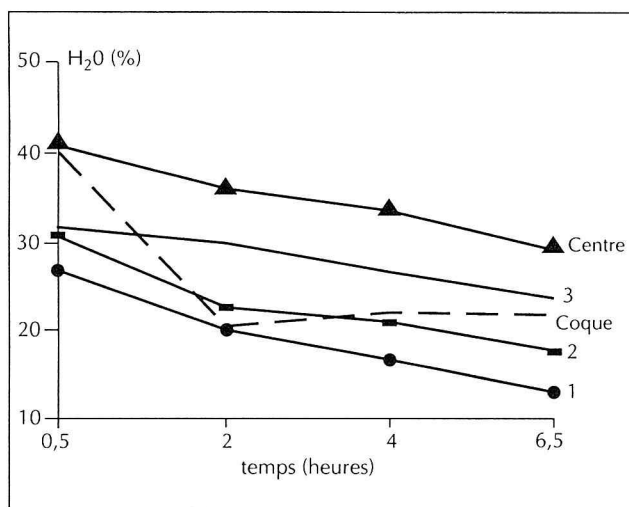


Figure 2. Evolution de la teneur en eau de chaque couche de la graine de cacao et de la coque.

Les micro-analyses de l'eau et de l'acide acétique sont possibles grâce aux résultats de l'étude méthodologique appropriée, entreprise par Jean Nganhou, stagiaire camerounais au Paesruc (septembre 1995-janvier 1996).

Les méthodes de préparation des échantillons en vue de leur examen microscopique découlent des travaux de Dea qu'Emmanuel Calen a réalisés de mars à juin 1996, en relation avec le laboratoire du Cirad-biotrop.

Ce travail a permis, en outre, de mettre en place des méthodes d'observation des graines de cacao par microscopies photonique et électronique. Les observations ont montré la présence de faisceaux cellulaires dans la structure physique des cotylédons. En revanche, aucun passage privilégié n'a été mis en évidence dans la coque.

Séchoir pilote

Objectifs

Le séchage artificiel du cacao à l'air chaud conduit à un produit final de forte acidité volatile. Ceci est dû à des phénomènes de croûtage et de diffusion qui apparaissent à partir de 45°C, en mode convectif.

De plus, le séchage à l'air chaud en atmosphère ouverte génère des dépenses d'énergie importantes, car une partie de l'air chaud est perdue dans l'atmosphère.

Enfin, des vapeurs acides environnent les séchoirs et peuvent affecter les ouvriers travaillant dans les unités de transformation du cacao.

L'objectif de cette étude est de tester un prototype de séchoir à atmosphère contrôlée en mode conducteur, qui doit sécher le cacao rapidement, sans induire

les problèmes de qualité et de dépense énergétique rencontrés dans les séchoirs conventionnels.

Afin de remédier à l'acidité des cacaos séchés artificiellement et diminuer la consommation d'énergie de cette étape, un séchoir pilote construit par la société Gauthier (partenaire industriel) a été installé sur le site de l'Itvh au Mexique, en octobre 1995.

Les essais effectués en 1996 et 1997 ont mis en évidence la fiabilité des régulations et le bien-fondé des hypothèses sur lesquelles la conception du prototype a été établie.

Il s'avère cependant que, dans les conditions mexicaines, la durée de fermentation qui permet une dégradation suffisante de la pulpe est extrêmement importante : elle dure couramment 8 à 9 jours.

Dans ce contexte, tous les essais de séchage réalisés sur des cacaos qui n'ont été fermentés que 6 ou 7 jours ont été un échec. En revanche, de bons résultats ont été obtenus avec des cacaos effectivement fermentés 8 et surtout 9 jours.

Les problèmes rencontrés au cours des essais du prototype ont été riches d'enseignements. Il paraît évident qu'un prototype de deuxième génération devrait être construit. Les caractéristiques de ce nouvel appareil seront les suivantes :

- toutes les parties de la cuve non arrondies ou présentant des saillies ou des formes qui risquent d'être abrasives seront éliminées. Une porte avec un dispositif de prise d'échantillons est indispensable ;
- un axe sur lequel les graines à sécher ne puissent pas rester et risquer de brûler (forme ronde, pas de saillie latérale) sera prévu. Fixation à réétudier en fonction des contraintes subies ;
- la forme des radiateurs devra être repensée pour diminuer les phénomènes de collage (tubes au lieu de plaques, par exemple) ;
- la capacité du premier prototype est de 800 kg. Une capacité de 400 à 500 kg est suffisante ;
- les passerelles d'accès doivent être prévues avec le prototype ;
- le système de brassage doit être efficace mais non agressif ;
- l'étanchéité des paliers doit être effective ;
- l'extraction de l'air de l'atmosphère est effectuée par balayage. Le ventilateur doit extraire et non introduire de l'air. Sa puissance doit être suffisante pour permettre une dérivation du flux de sortie. On supprime les entrées d'air associées au radiateur et on positionne le ventilateur au-dessus des fèves ;
- le capteur d'humidité relative ne doit pas être dans la cuve, mais placé dans un lieu protégé du contact avec les fèves (sortie de l'air). L'enregistrement des données pourrait être intéressant.
- des automatismes simples (électromécaniques, de type « machine à laver ») seront recherchés. Ils devront permettre des modifications de paramètres en cours d'opération sans retour à 0.

Dans la programmation actuelle, les différents jeux de paramètres ne servent pas et les possibilités de chaque paramètre d'un même jeu sont trop nombreuses (3 ou 4 suffisent).

Nouveaux procédés de torréfaction : étude de la torréfriture

La torréfaction des fèves de cacao par friture dans le beurre de cacao fondu, appelée « torréfriture », peut être une évolution importante des procédés de deuxième transformation de ce produit.

L'objectif est d'abaisser notablement les temps de torréfaction et les besoins énergétiques. Des applications secondaires peuvent également être envisagées, telles que les transferts d'arôme et la modification des conditions de conchage.

Une étude de faisabilité a été entreprise, avec un étudiant de l'Ecole d'agronomie de Rouen et la participation du programme Gta du Cirad-sar, pour le génie des procédés et de Valrhona, pour la fourniture des matières premières et l'appréciation qualitative des produits obtenus.

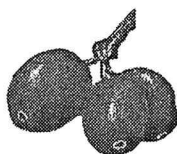
Les cacaos ainsi torréfiés ont montré une excellente qualité, au moins comparable à celle des cacaos provenant de torréfaction classique, avec des temps de torréfaction 8 à 10 fois plus faibles. Une estimation calculée des dépenses énergétiques laisse entrevoir un gain de l'ordre de 50 %.

Les échanges croisés de matière (fraction lipidique et arômes), la stabilité du beurre de friture, la pression de travail et de nombreux autres paramètres doivent être étudiés avant d'envisager de passer à une phase pilote.

Un programme de recherche a été mis sur pied, pour examiner en détail l'ensemble de ces paramètres. Un partenariat industriel est recherché, de même que le financement de l'étude qui pourrait être envisagée dans le cadre d'une thèse de doctorat.

Au plan de la protection industrielle, le sujet est suivi par la cellule de valorisation du Cirad et une « enveloppe Soleau » a été déposée, en attendant d'avoir suffisamment de résultats scientifiques pour pouvoir déposer un brevet.





Introduction

Conjoncture de la filière

Production

Le tableau 1 donne les productions de café des principaux pays en milliers de tonnes. L'évolution des productions entre les campagnes 1992-1993 et 1996-1997 montre que, globalement, les pays africains ont surmonté la crise de 1992-1993. Les conséquences des gelées brésiliennes n'ont concerné que la campagne 1995-1996 et pour 1996-1997, le Brésil est revenu à son niveau habituel de production. La part des Robusta semble se stabiliser autour de 32 à 33 % du marché.

Les cours mondiaux

En 1996, les cours mondiaux ont été relativement stables pour l'Arabica alors que ceux du Robusta ont connu une baisse régulière, ceci jusqu'en février 1997. Le différentiel entre Arabica et Robusta s'est accru passant de 0,55 \$/kg à 1,64 \$/kg (moyenne 1996 : 1,05 \$/kg).

En 1997, on note une légère reprise des cours du Robusta jusqu'en août alors que l'Arabica atteint à nouveau des records avec un cours en mai atteignant 5,61 \$/kg contre 1,94 \$/kg pour le Robusta. Le différentiel Arabica/Robusta est très élevé avec une moyenne en 1997 de 2,48 \$/kg, soit plus du double de celui de 1996.

La demande globale en café n'est pas satisfaite (rapport offre/demande de 0,96) avec les caractéristiques suivantes :

- déficit de production d'Arabica malgré une production record du Brésil en 1997-1998 ;
- satisfaction de la demande en Robusta dont la production est croissante ;
- augmentation de la consommation des mélanges Robusta/Arabica afin de minimiser la hausse des prix au consommateur.

Programme café

Moyens humains

Outre-mer

Robusta :

- Côte d'Ivoire (Idefor-dcc) : un généticien ;
- Cameroun (Irad) : un phytopathologiste. Le généticien qui travaillait à mi-temps en 1995 pour le programme café a maintenant des tâches administratives importantes pour la gestion d'un projet Fac. Sa participation au programme est très réduite ;
- Laos (ministère de l'agriculture) : deux agronomes de recherche-développement jusqu'à la fin du projet en décembre 1996, et un phytopathologiste Csn jusqu'en février 1997 ;
- Guyane (Cirad) : un agronome* ;
- Nouvelle-Calédonie : un agronome.

Arabica :

- Tanzanie (*Coffee Management Unit*) : un généticien ;
- Amérique centrale (Promecafé et Catie) : un généticien, un biotechnologue, un phytopathologiste, un nématologue, un entomologiste, un agronome et un biométricien Csn.

Métropole

Tous les chercheurs affectés en France travaillent indifféremment sur le Robusta et l'Arabica. Ils apportent un appui scientifique à leurs collègues basés outre-mer, ou bien assurent des travaux de routine, ou encore conduisent des activités de recherche au sein des projets du programme.

Un chercheur en biotechnologie est basé au centre de recherche de Nestlé à Tours.

A Montpellier, un chimiste, un technologue** et un spécialiste en analyse sensorielle conduisent des opérations de recherche ou apportent un appui aux chercheurs des autres disciplines.

* Temps partiel pour le programme : inférieur à 50%.

** Depuis avril 1996.

Tableau 1. Production mondiale de café (en milliers de tonnes).

	Robusta				
	1996-1997	1995-1996	1994-1995	1993-1994	1992-1993
Afrique	611,3	584,4	574,9	509,6	523,2
dont					
Côte d'Ivoire	210,0	175,0	191,0	137,6	134,7
Uganda	194,4	163,8	153,0	156,0	159,6
Madagascar	46,9	70,8	70,0	64,4	61,7
Cameroun	51,9	60,0	45,2	58,6	37,7
Zaïre	51,0	48,0	60,0	45,0	752,0
Amérique	372,1	236,1	368,6	377,4	378,3
dont					
Brésil	312,0	168,6	300,0	330,0	324,3
Equateur	44,7	56,4	57,7	35,8	45,6
Asie-Océanie	917,0	843,1	850,9	842,2	749,8
dont					
Indonésie	423,0	393,0	412,1	406,0	397,8
Vietnam	255,0	188,1	184,4	174,0	135,0
Inde	81,0	115,8	116,6	119,5	82,2
Thaïlande	82,3	79,1	74,6	79,0	73,3
Philippines	56,0	53,4	50,9	50,0	50,8
Total mondial (Robusta)	1 900,4	1 663,6	1 794,4	1 729,2	1 651,3
Part de la production mondiale (%)	32,8	32,9	31,5	31,4	30,1
	Arabica				
	1996-1997	1995-1996	1994-1995	1993-1994	1992-1993
Afrique	451,1	458,1	411,0	381,8	458,2
dont					
Ethiopie	234,0	210,0	198,0	180,0	180,0
Kenya	85,0	95,0	93,0	79,1	76,0
Burundi	25,0	30,0	34,2	22,5	36,5
Tanzanie	30,7	35,7	30,2	27,0	46,5
Amérique	3 245,3	2 741,5	3 294,1	3 201,7	3 200,9
dont					
Brésil	1 248,0	714,0	1 290,0	1 302,0	1 085,7
Colombie	690,0	750,0	777,8	677,5	829,4
Guatemala	216,0	190,8	187,2	211,0	258,1
Salvador	126,0	156,4	140,5	137,3	181,6
Costa Rica	136,8	144,2	151,8	147,8	157,2
Honduras	132,6	114,0	126,5	111,1	114,4
Asie-Océanie	190,4	191,9	191,0	198,6	183,8
dont					
Inde	99,0	103,8	74,4	88,5	79,3
Papouasie	58,3	49,0	66,4	60,5	54,4
Indonésie	99,0	33,0	45,8	45,1	44,2
Total mondial (Arabica)	3 886,8	3 391,5	3 896,0	3 782,1	3 843,0
Part de la production mondiale (%)	67,2	67,1	68,5	68,6	69,9
Production totale	5 787,2	5 055,1	5 690,4	5 511,3	5 494,3

Source : F.O. Licht's International Coffee Report.

Tableau 2. Cours du café en 1996 et 1997 (en cents/lb ex-dock).

Mois	Arabica		Robusta		Mois	Arabica		Robusta	
	1996	1997	1996	1997		1996	1997	1996	1997
Janvier	102,00	nc	84,68	nc	Juillet	139,50	195,75	83,59	84,66
	nc	133,00	nc	59,75		137,50	185,75	80,06	84,20
	110,50	137,50	86,48	63,12		134,40	182,00	76,60	82,51
	120,00	148,25	88,27	66,80		131,25	nc	75,63	nc
Février	139,50	154,50	100,74	71,46	Août	133,00	205,25	75,33	76,89
	137,50	165,50	97,49	73,72		134,00	201,00	75,84	78,94
	135,00	181,00	99,26	77,14		132,50	197,75	77,63	77,47
	nc	nc	nc	nc		139,50	186,75	80,28	70,67
Mars	128,50	197,25	91,77	73,59	Septembre	145,00	189,50	82,39	72,79
	125,75	220,75	94,79	78,51		nc	209,00	nc	78,08
	127,00	230,75	91,73	81,62		130,50	210,75	75,73	78,15
	135,00	196,75	93,20	80,92		119,75	194,75	74,59	73,08
	133,25	187,00	92,22	74,75	Octobre	117,75	190,25	72,13	72,88
Avril	129,00	213,00	88,51	79,30		118,75	177,25	72,80	76,07
	128,25	192,00	88,51	75,62		125,25	185,50	74,01	79,12
	129,75	199,00	88,65	74,99		128,75	180,00	73,62	75,64
	142,00	199,00	95,58	80,19		128,00	163,25	72,04	71,31
Mai	140,50	221,31	91,65	76,84	Novembre	133,75	150,00	71,47	70,03
	143,50	243,83	92,60	80,35		nc	156,80	nc	76,56
	145,00	253,06	93,18	84,91		129,00	169,00	70,16	77,75
	147,00	270,36	92,60	101,14		132,00	167,50	70,11	75,86
Juin	138,75	290,09	86,60	99,64	Décembre	129,00	182,00	70,29	84,57
	127,50	265,25	85,42	100,43		121,00	196,75	69,75	83,41
	131,75	262,50	85,67	90,26		120,00	180,50	63,19	82,08
	134,75	209,50	86,53	84,46		128,25	170,50	63,37	78,65
	136,00	203,00	86,12	87,28		131,75	nc	62,28	

Source : *Marchés Tropicaux et Méditerranéens*.

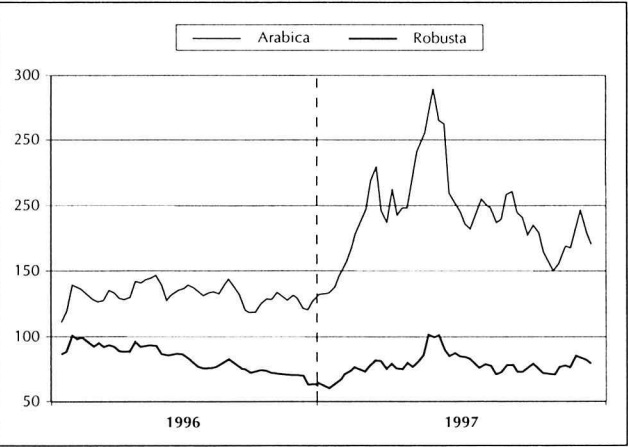


Figure 1. Cours Oic du café (en cents/lb).

Trois agronomes sont en attente d'affectation et travaillent essentiellement dans le domaine de l'expertise.

Enfin, des chercheurs affectés aux unités de recherche participent, pour certains à temps partiel, aux projets de recherche du programme.

Projet 1 : Lutte intégrée contre les principaux ravageurs

Les faits marquants de 1996 pour ce projet sont les suivants :

- l'arrêt des activités au Burundi pour des problèmes de sécurité ;
- le début de travaux sur le piégeage du scolyte au Salvador ;
- l'obtention de caféiers transgéniques, en collaboration avec Nestlé.

Malgré la suspension des recherches au Burundi, il est possible désormais de faire des recommandations pour réduire le risque de récolter des cafés à goût de pomme de terre grâce à la rationalisation des traitements chimiques contre la punaise bigarrée, principal agent de contamination des cerises par la bactérie responsable de ce défaut.

En ce qui concerne le scolyte, des travaux de l'Inra semblent montrer que le piégeage est une technique à retenir dans un programme de lutte biologique.

L'obtention de plants transgéniques viables et leur élevage en serre montrent que cette voie pourrait être également explorée dans un programme de lutte intégrée.

Stratégies de lutte intégrée contre le parasitisme tellurique

Les faits qui ont marqué ce projet en 1996 sont :

- la caractérisation isoenzymatique des espèces agressives de *Meloidogyne* ;
- la création de la variété porte-greffe Nemaya ;
- la rédaction de deux thèses, la première par un chercheur salvadorien en poste à Montpellier, la seconde par le nématologue du Cirad en poste au Guatemala.

Avec les récents résultats obtenus sur la dynamique des populations de nématodes et la compétition entre les deux espèces majeures agressives vis-à-vis du caféier, il deviendra possible d'orienter les recherches en prenant en compte les facteurs du milieu.

Projet 3 : Création de variétés résistantes aux maladies et nématodes

Les faits marquants en 1996 pour ce projet sont :

- une soixantaine d'hybrides d'Arabica, en cours d'essai, montrent un gain génétique net par rapport aux variétés commerciales actuelles ;
- une variété porte-greffe est en cours de diffusion ;
- l'embryogenèse somatique pour la production de masse est bien maîtrisée au niveau du laboratoire.
- des hybrides intergroupes de Robusta, issus du programme de sélection récurrente réciproque conduit en Côte d'Ivoire, sont aussi productifs que les meilleures variétés clonales.

Projet 4 : Elimination des goûts et arômes indésirables du café

Le fait marquant de 1996 est l'arrêt prématuré du projet à cause de troubles au Burundi.

Projet 5 : Systèmes de culture et amélioration de la productivité

Les faits qui ont marqué ce projet en 1996 sont :

- l'arrêt prématuré des recherches agronomiques au Burundi ;
- l'analyse de la filière salvadorienne et les transferts de technologie ;
- la mise en place d'un programme de recherche-développement en Haïti.

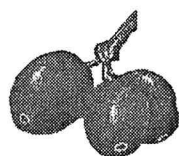
Ce projet couvre de nombreux aspects de la production et de la filière, mais il a été malheureusement souvent impossible d'atteindre les objectifs fixés à cause d'événements extérieurs. Des études ponctuelles permettent d'avoir un aperçu des problèmes des filières, de proposer des solutions techniques, mais rarement d'en tirer les conclusions lorsqu'on a pu les mettre en œuvre.

Projet 6 : Les déterminants de la qualité des cafés

Les faits marquants de ce projet en 1996 sont :

- l'influence très forte des facteurs du milieu (ombrage, altitude, sols) sur la qualité des cafés Arabica ;
- l'héritabilité des composants des cafés verts chez le Robusta.

Le marché des cafés gourmets est un segment du marché pour lequel le Cirad peut proposer des recherches et études qui intéresseront la petite et moyenne torréfaction. L'acquisition de connaissances de base est indispensable avant l'établissement de tout contrat avec le secteur privé.



Lutte intégrée contre les principaux ravageurs

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

B. Dufour, responsable ;

T. Leroy, C. Carasco, M. Berthouly, R. Philippe,
B. Bouyjou.

En collaboration avec T. Legavre (Cirad-gerdat-biotrop).

Deux ravageurs majeurs des fruits du caféier font l'objet de recherches au Cirad :

- le scolyte des fruits, *Hypothenemus hampei*, insecte largement présent dans toute la zone de production de café à l'exception de quelques pays (Laos, Papouasie-Nouvelle-Guinée, par exemple), est le plus préjudiciable des ravageurs ;

- la punaise bigarrée, *Antestiopsis orbitalis*, ne sévit qu'en Afrique. Bien qu'attaquant indifféremment les deux espèces cultivées de *Coffea*, les dommages sont les plus sérieux sur l'Arabica. En particulier, en Afrique de l'Est, cet insecte serait un des acteurs de la transmission de la bactérie responsable du goût de pomme de terre.

La lutte contre la mineuse des feuilles, *Perileucoptera coffeella*, et autres *Leucoptera* constitue également un axe de recherche-prospective du programme dans le domaine des biotechnologies avec la transformation génétique. Même si au Brésil ou au Kenya la mineuse occasionne des dégâts sérieux, elle reste toutefois un ravageur secondaire dans la plupart des pays producteurs.

Lutte contre la punaise du caféier

Les travaux conduits au Burundi ont été arrêtés en avril 1996 à cause de l'insécurité régnant dans ce pays. Par rapport à 1995, il n'y a pas de résultats majeurs à signaler. Un essai en grandeur réelle avait été mis en place en septembre 1995 dans deux sites différents. Cet essai avait pour objectif de vérifier des résultats obtenus sur des parcelles expérimentales dans lesquelles l'effet des périodes d'application des insecticides avait été étudié. Aucune mesure n'a pu être faite au moment de la récolte.

Un document de synthèse complet de ce travail est disponible au Service d'information et de communication du Cirad-cp.

Lutte biologique contre le scolyte des fruits

Les deux essais d'efficacité du parasitoïde *Cephalonomia stephanoderis* contre le scolyte des fruits du caféier effectués en 1996 terminent momentanément les travaux de recherche sur la lutte biologique contre le scolyte. Ces travaux ont été décrits en détail dans le rapport annuel 1995 et seuls des résultats complémentaires sont donnés dans ce document.

La lutte biologique couvre également différents volets, dont l'utilisation :

- de champignons entomopathogènes (*Beauveria bassiana*, par exemple) ;
- d'autres parasitoïdes tels que *Prorops* ou *Phymasticus* ;
- de plants transgéniques ;
- de moyens mécaniques comme l'attraction et le piégeage.

Efficacité de la quantité de *Cephalonomia* lâchée après la récolte

Cette étude a été conduite dans le but de tester l'efficacité de la lutte biologique contre le scolyte avec *Cephalonomia stephanoderis*, lorsque les quantités libérées sont proportionnelles au nombre de fruits hébergeant le scolyte vivant. La stratégie consiste à réduire les populations de scolytes résiduelles après la récolte, afin d'abaisser par la suite le niveau d'infestation des femelles fondatrices sur les nouvelles fructifications. Par rapport à la première phase de l'essai au cours de laquelle furent testées des quantités très élevées de parasitoïdes, cette phase se caractérise par des lâchers d'un parasitoïde pour sept ou dix fruits infestés.

Une efficacité de 32,2 % a été obtenue avec la « dose » 1/7 et seulement de 5,2 % avec celle 1/10.

En réunissant les données d'efficacité des deux phases de l'essai, il a été possible d'élaborer une courbe d'efficacité sur laquelle le point d'inflexion indique une valeur théorique optimale d'efficacité de 42 % correspondant à un lâcher de 20 parasitoïdes pour 100 fruits infestés (figure 1).

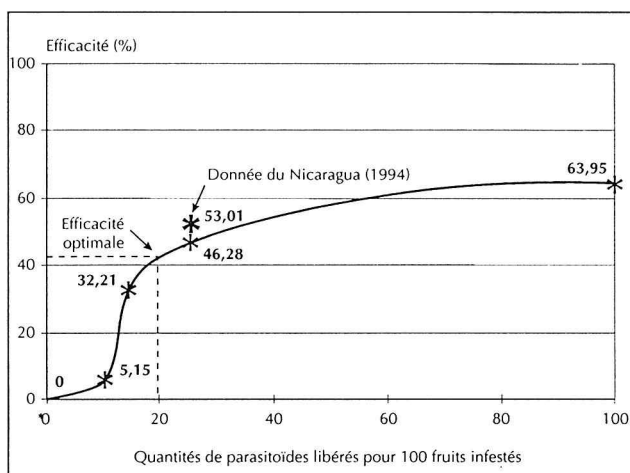


Figure 1. Courbe d'efficacité des lâchers de *C. stephanoderis*.

Compter sur une lutte biologique dont l'efficacité n'est que de 42 % sans l'assurance du maintien de ce niveau, quelle que soit la situation, est une gageure. L'unique manière d'aboutir à une bonne acceptation de cette forme de lutte est d'améliorer son efficacité et de réduire ses variations. A cette fin, il conviendrait de poursuivre les essais de terrain pour étudier par exemple l'effet d'un meilleur échelonnement des lâchers durant la période adéquate, améliorer ou changer la technique de lâcher, évaluer l'efficacité sur de grandes surfaces. Il faudrait par ailleurs étudier le comportement de *C. stephanoderis* au champ, ainsi que les facteurs écologiques agissant sur son activité, identifier et contrôler les prédateurs indigènes capables de freiner son action.

Efficacité de la technique de lâcher de *Cephalonomia* après la récolte

Cette étude a pour but de comparer deux techniques de lâchers inondatifs de *Cephalonomia stephanoderis*. La première, utilisée depuis plusieurs années, consiste à lâcher des adultes obtenus à partir d'élevages de masse. Avec la seconde, dénommée « autolibération », il s'agit de placer directement dans les parcelles à traiter les fruits hébergeant des populations de parasitoïdes, de manière à ce que l'émergence s'effectue dans des conditions naturelles. La quantité de parasitoïdes par fruit est évaluée préalablement pour pouvoir respecter la « dose » souhaitée qui est, dans les deux cas, d'un parasitoïde pour sept fruits résiduels infestés par des scolytes vivants.

L'efficacité des deux techniques est statistiquement semblable, toutefois l'autolibération présente un avantage par rapport au lâcher classique : 42 % d'efficacité au lieu de 32,2 %. Il est certain que l'autolibération prépare les parasitoïdes à une meilleure adaptation aux conditions du milieu, éliminant toute forme de stress qui, dans le cas des lâchers classiques, est provoqué par les conditions de stockage et par le transport des adultes vers les sites de lâcher.

Tests préliminaires sur le piégeage des scolytes

La première étape de cette étude était de concevoir un piège bon marché et de fabrication aisée. Par la suite, des mélanges attractifs, à base d'éthanol et de méthanol, ont été testés. Ces essais effectués avant la récolte (octobre-novembre) indiquent que cette période du cycle annuel du scolyte est totalement inadaptée au piégeage. Les expérimentations ont été reprises en 1997, avec toutefois de bons espoirs de succès compte-tenu des travaux publiés par l'Inra.

Lutte contre la mineuse des feuilles

Le but de ce projet est de transformer le caféier pour y intégrer un gène qui confère la résistance à la mineuse des feuilles.

Résultats

L'année 1996 a été marquée par le développement et la sortie en serre des premiers caféiers transformés obtenus.

Les constructions moléculaires réalisées pour transformer le caféier ont été validées en transformant du tabac, plante modèle facile à utiliser et pour laquelle la régénération de plantules transformées est rapide. La fonctionnalité des constructions avec le gène de résistance au chlorsulfuron (insecticide) a été vérifiée. En revanche, les constructions avec le gène de résistance au bialaphos (insecticide) n'ont pas permis la sélection de transformants chez le tabac. La production de la toxine insecticide a été contrôlée, elle est faible pour la plupart des plants de tabac transformés, mais peut être suffisante pour conférer la résistance à la mineuse des feuilles.

Plus d'une dizaine d'expériences de transformation du caféier ont été menées en 1996, essentiellement par transformation d'embryons somatiques avec la construction C3 dans *Agrobacterium tumefaciens* souche LBA 4404. Le génotype de *C. canephora* 126

a été le plus largement utilisé, les travaux ont débuté sur le génotype de *C. arabica* hybride Et 29 x Ca 5. Les principaux facteurs de variation étudiés pour améliorer les taux de transformants ont été les doses d'herbicide, le temps de coculture des explants de caféier et de la bactérie, et le délai d'application de l'agent sélectif après la coculture.

Plusieurs dizaines de milliers d'embryons ont été cocultivés avec *A. tumefaciens*, ainsi que quelques dizaines de grammes de cal embryogène, essentiellement sur le génotype 126. Quelques milliers d'embryons somatiques ont été utilisés pour les génotypes de *C. arabica* Catimor 8661-4 et Et 29 x Ca 5.

L'utilisation de cal embryogène pour la transformation a débuté à Tours et à Montpellier en 1996, parallèlement à l'utilisation d'embryons somatiques. Aucun résultat positif n'a été obtenu à Tours. Des expériences en expression transitoire ont été menées à Montpellier ; une modification des milieux de culture a permis de multiplier par 100 l'expression transitoire du gène GUS. Ces résultats préliminaires sont à confirmer.

Depuis janvier 1996, les points suivants ont été acquis :

- il a été vérifié par *Polymerase Chain Reaction* (Pcr) que le caractère est effectivement transformé chez les premières plantules obtenues par coculture avec *Agrobacterium rhizogenes* pour les trois constructions avec le gène de résistance au bialaphos (gène *Bacillus thuringiensis* natif, trois événements indépendants) et au chlorsulfuron (gène *B.t.* natif, quatre événements, et gène *B.t.* synthétique, trois événements). Pour tous ces événements indépendants, les plantules développées et sevrées en serre ont été testées en *Southern Blot* pour vérifier l'intégration des gènes GUS et de

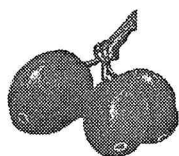
résistance aux herbicides dans le génome du caféier. Les résultats en cours montrent l'intégration du gène GUS dans certains transformants, cals ou plantes. Une vingtaine de plantes par événement de transformation sont maintenues *in vitro*, cinq plantes par événement sont sevrées en serre. N'ayant pas la certitude que toutes les plantes issues du même cal sont identiques, ce nombre élevé de plantes a été maintenu pour chaque événement obtenu ;

- une trentaine d'événements de transformation ont été observés avec *Agrobacterium tumefaciens* et la construction C3. Par test Pcr, ces transformants ont montré une amplification des trois gènes de l'ADN transféré. Les tests d'intégration dans le génome seront faits dès que les plantules seront suffisamment développées.

Perspectives

L'ensemble des travaux qui seront réalisés devraient permettre :

- l'obtention de 50 à 100 transformants primaires pour les trois constructions C1, C2 et C3 en poursuivant la mise au point technique grâce aux résultats obtenus ;
- la mise au point de la transformation de cal embryogène pour le génotype de *C. canephora* ;
- l'obtention de matériel végétal pour la transformation, et l'obtention de transformants pour *C. arabica* ;
- la réalisation de tests moléculaires des plantes obtenues, en particulier la mise en évidence de l'intégration correcte des gènes *B.t.* et de l'expression de la protéine insecticide en quantité suffisante (test *Western Blot*).



Stratégies de lutte contre le parasitisme tellurique

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

L. Villain, responsable ;

B. Bertrand, H. Etienne, B. Dufour, R. Philippe, J.L. Sarah, A. Hernandez (en préparation de thèse au Cirad-flhor), G. Hervé (étudiante en Dea).

En collaboration avec F. Anthony (Orstom).

En 1996, les travaux ont uniquement porté sur les nématodes du caféier. Les études conduites au Salvador sur les cochenilles des racines n'ont pas été reprises, car nos partenaires, Procafé et Promecafé, ont considéré ce problème comme secondaire.

Les travaux se sont déroulés conjointement en Amérique centrale dans le cadre de Promecafé avec L. Villain, en poste à Anacafé au Guatemala, au Cirad à Montpellier au laboratoire de nématologie du Cirad-flhor et au Costa Rica (Catie). Ils ont pu être menés à bien grâce à un financement de l'Union européenne (DG XII) à travers le projet « Evaluation et sélection de germoplasme pour la résistance aux principaux nématodes en Amérique centrale ».

Caractérisation des populations de nématodes (*Meloidogyne* spp.)

Ces travaux ont été réalisés en France.

Grâce à leurs profils enzymatiques, trente-neuf populations ont pu être caractérisées, ce qui a permis de mettre en évidence une grande diversité à travers l'Amérique centrale :

- au Salvador, 4 populations réparties en 2 espèces, dont une seule a pu être déterminée (*M. arenaria*). Toutes deux ont une forte capacité reproductive sur *Coffea arabica* ;

- au Guatemala, 8 populations pour une seule espèce, qui n'a pu être identifiée. Il semblerait que celle-ci soit fortement répandue dans toute l'Amérique latine (Brésil, Pérou, Surinam). Plusieurs lignées éthiopiennes de *Coffea arabica* seraient résistantes à ces populations ;

- au Honduras (3 populations) et au Nicaragua (4 populations), une seule espèce a été identifiée : *M. exigua*. Elle se reproduit très bien sur la variété Catuai et sur la lignée éthiopienne ET 15 ;

- au Costa Rica, 19 populations de l'espèce *M. exigua*, avec apparemment deux types biologiques ont été observées. Une forte capacité de reproduction les caractérisent, quelles que soient les variétés de *Coffea arabica* ;

- au Brésil, une seule population de *M. incognita* a été observée.

La caractérisation isoenzymatique (4 systèmes utilisés) est insuffisante pour décrire totalement les populations et des études en biologie moléculaire seront entreprises.

Capacité reproductive de *Meloidogyne* spp. sur caféier

Les tests faits sur une variété reconnue sensible (Catuai) et deux variétés résistantes (Sarchimor C-1669-20 et ET 28) ont montré que la capacité reproductive de *Meloidogyne* est la même sur Catuai pour toutes les espèces et est très variable :

- pour différentes populations de nématodes, vis-à-vis d'un génotype supposé résistant ;

- pour une même population de nématodes, vis-à-vis de génotypes résistants différents.

Sur la lignée éthiopienne ET 15, les espèces *M. exigua*, *M. arenaria*, *M. arabicida*, *M. javanica* et *M. incognita* se développent peu ou pas du tout.

Résistance aux espèces de *Meloidogyne*

Travaux réalisés au Guatemala

Meloidogyne est moins fréquent que *Pratylenchus* ; cependant, les deux populations sont très agressives même vis-à-vis des *C. canephora* non sélectionnés, mais couramment utilisés comme porte-greffes par les producteurs.

Tests sur *Coffea canephora*, var. *robusta*

Des hybrides de Robusta créés au Catie (Costa Rica) ont été testés. Les résultats de 1995 ont été confirmés et il a

été montré que l'hybride T 3751(1-2) x T 3561(1-2) offre la meilleure résistance. Cet hybride sera diffusé sous le nom de variété Nemaya.

Tests sur *Coffea arabica*

Des hybrides créés au Costa Rica entre des variétés cultivées et certaines lignées éthiopiennes (ET 59a2 et ET 52a2) montrent une bonne résistance. Ces résultats sont intéressants pour bâtir un programme d'amélioration de l'Arabica pour les pays n'ayant pas l'expérience traditionnelle du greffage.

Travaux réalisés au Costa Rica

Dans ce pays, il a été montré clairement que deux espèces de nématodes sévissent : *M. exigua* et *M. arabicida*. Toutes deux atteignent des niveaux d'attaque très élevés en champ, mais les pertes de vigueur des caféiers sont difficilement décelables pour *M. exigua*. Les pertes de production sont estimées à 10 %. L'hypothèse actuelle est que le caféier souffre des nématodes uniquement en période de stress important.

Toutes les variétés de *C. arabica* sont sensibles à *M. exigua* du Costa Rica. En revanche, *C. canephora* offre une bonne résistance ainsi que les Catimor, grâce à l'introgression probable de gènes de *C. canephora* provenant de l'Hybride de Timor. Pour le Costa Rica, il semblerait que la diffusion de certains Catimor soit suffisante pour lutter contre ce nématode.

Résistance ou tolérance à *Pratylenchus* sp.

Travaux conduits au Guatemala

Ce second nématode est largement distribué au Guatemala où une certaine diversité biologique entre différentes populations géographiques a été montrée : pouvoir pathogène, taux de multiplication, optimum thermique. La (ou les) espèce(s) représentée(s) au Guatemala n'est (ne sont) pas encore définie(s) : *P. coffea* ou *P. loosi*.

La variété Nemaya, résistante à *Meloidogyne*, l'est partiellement vis-à-vis de *Pratylenchus*.

Travaux réalisés au Costa Rica

Meloidogyne et *Pratylenchus* se trouvent en compétition au Costa Rica. La résistance totale d'une variété de caféier vis-à-vis de *Meloidogyne* spp. entraîne une augmentation de la population de *Pratylenchus* sp. Ceci complique sérieusement la tâche des généticiens et sélectionneurs, mais nécessite aussi de concevoir des programmes de lutte intégrée en prenant en compte les facteurs du milieu.

Résistance à la « Corchosis »

Cette maladie du liège affecte les caféiers attaqués par *Pratylenchus*. Des études ont montré la présence de spores de *Fusarium*.

Après des essais en laboratoire pour développer les symptômes de « corchosis », il a été montré que divers champignons pourraient participer, dans le complexe tellurique, à l'origine de ces symptômes.

La résistance de l'espèce *Coffea canephora* a été établie dans environ 50 % des génotypes testés.

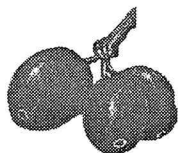
Application au développement des résultats de recherche

La variété Nemaya

L'hybride de *Coffea canephora* T 3751(1-2) x T 3561(1-2), qui développe une bonne résistance vis-à-vis de *Meloidogyne*, a été proposé comme porte-greffe à l'ensemble des pays de Promecafé. Sa multiplication se fera par semences produites dans chacun des pays potentiellement intéressés. Le Catie produit actuellement par embryogénèse somatique les géniteurs de cet hybride.

Programme d'amélioration de l'Arabica

Conduit actuellement au Catie et à Icafé, ce programme a intégré dans les hybridations les géniteurs Arabica reconnus plus ou moins résistants aux nématodes.



Création de caféiers productifs et résistants aux maladies et nématodes

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

A.B. Eskes, responsable ;

J. Avelino, D. Berry, M. Berthouly, B. Bertrand, D. Bieysse, P. Charmetant, H. Etienne, P. Jagoret, C. Montagnon, J.L. Pradon.

Partenaire : F. Anthony (Orstom, Costa Rica).

Ce projet fait appel à la génétique, à la technologie et à la défense des cultures pour l'obtention de variétés améliorées résistantes aux principaux aléas biotiques. Le critère qualité est largement pris en compte dans les sélections, compte-tenu du développement d'un marché de cafés aromatiques et le rejet par certains torréfacteurs des Catimor. En ce qui concerne la résistance aux aléas, la création variétale intègre la notion de lutte intégrée, en particulier pour la rouille, l'anthracnose des baies et les nématodes. La connaissance des facteurs du milieu ayant une influence sur le développement de la rouille et de l'anthracnose est très importante.

La multiplication *in vitro* par embryogenèse somatique étant la solution la plus rapide pour diffuser le matériel végétal créé, d'importants progrès ont été faits au cours de l'année 1996.

Cinq des activités de recherche conduites dans ce projet font partie de projets parfaitement identifiés et financés par des bailleurs de fonds institutionnels et/ou cofinancés par nos partenaires ; il s'agit de :

- l'amélioration génétique de l'Arabica : projet conjoint Promecafé, Cirad, Orstom, Catie ;
- l'amélioration de l'Arabica en Tanzanie : projet de l'Union européenne (DG VII) ;
- la lutte contre l'anthracnose des baies : projet de l'Union européenne (DG XII) avec le Portugal (Cifc), le Cameroun (Irad) et le Kenya (Crf) ;
- la sortie variétale de *Coffea canephora* : projet conduit en coopération avec la Côte d'Ivoire ;
- la caractérisation des hybrides naturels *C. canephora* x *C. arabica* en Nouvelle-Calédonie : projet réalisé grâce à la Région, au Cirad et à l'Orstom.

Caractérisation et évaluation des ressources génétiques

Ressources génétiques du Catie

L'évaluation des ressources génétiques présentes dans la collection de caféiers du Catie s'est poursuivie en 1996 en ce qui concerne la résistance aux nématodes d'Amérique centrale. L'agent de l'Orstom en place poursuit l'évaluation de la vigueur et de la fertilité des arbres. L'ensemble des données est saisie dans une banque de données périodiquement remise à jour (SGBD).

Exploration de la base génétique du Catie

Les tests de résistance ont été conduits au Catie vis-à-vis des nématodes *Meloidogyne exigua*, *M. arabicida* du Costa Rica et *M. spp.* du Guatemala (voir projet 2). Les résultats de cette année confirment que les Robusta sont une source de résistance intéressante, puisqu'on trouve des géniteurs avec des niveaux de résistance élevés aux trois espèces de nématodes. Les variétés d'Amérique centrale sont toutes sensibles aux trois espèces. Certains descendants de l'Hybride de Timor présentent, outre une bonne résistance à *M. exigua*, une certaine résistance à *M. arabicida*.

Ressources génétiques en Nouvelle-Calédonie

Les hybrides interspécifiques naturels prospectés sur le territoire de Nouvelle-Calédonie ont été mis en collection à Pocquereux et sont évalués agromiquement par le Cirad et génétiquement par l'Orstom.

L'évaluation agronomique est terminée. En conclusion, ces hybrides montrent :

- une vigueur forte ;
- une fertilité faible avec un fort pourcentage de caracolis et de loges vides ;

- une résistance à la rouille (race II).
L'évaluation génétique est en cours et ne sera terminée qu'en 1998, au mieux.

Ressources génétiques en Guyane

La sélection de descendances d'Arabusta continue en Guyane, mais aucune information nouvelle n'est disponible.
La conformité de vitroplants de *C. canephora* est en cours d'étude.

Amélioration de l'Arabica

Création variétale en Amérique centrale

Ces études sont réalisées pour la création de variétés résistantes aux principaux aléas biotiques et produisant un café de qualité.
La stratégie de création variétale retenue est celle de la création d'hybrides F1 multipliés par embryogénèse somatique. L'objectif poursuivi est d'obtenir des variétés vigoureuses, plus productives, de bonne qualité et possédant la résistance à la rouille des meilleurs Catimor et éventuellement une résistance à d'autres aléas. Le schéma se base sur deux groupes qui sont croisés entre eux, celui des variétés d'une part (variétés traditionnelles et Catimor) et celui des origines spontanées d'autre part. La sélection se fait en deux étapes : d'abord une sélection locale, puis une

évaluation régionale chez les producteurs. La première étape a commencé et a permis une première sélection de 10 candidats hybrides. En tout, sept essais -comparaison d'hybrides, factoriels ou diallèles- sont en place représentant plus de 120 familles F1. La seconde étape devrait débuter en 1998.

Vigueur hybride F1

Cette étude est conduite à Cicafé, au Costa Rica.
Dans un essai mené à 1 100 m d'altitude, on a comparé les productions cumulées sur deux récoltes des lignées et des hybrides. D'autres variables sont indiquées. Tous les résultats montrent que les hybrides produisent plus et sont plus vigoureux que les lignées (tableau 1). Les rapports de variance indiquent de plus grandes variances pour les lignées. Cependant, la fertilité des hybrides (caracolis, flottants) est souvent inférieure à celle des lignées.

Performance des hybrides

La performance des hybrides fait l'objet de l'essai Cicafé 2.
Une hétérosis importante est observée pour la plupart des familles, les meilleures produisant jusqu'à 50 % de plus que la variété témoin Caturra. On constate toutefois des pourcentages élevés de caracolis et de flottants pour certaines combinaisons. Une sélection est donc possible, qui devrait aboutir à des candidats productifs et fertiles. Les principaux résultats sont reportés dans le tableau 2.

Tableau 1. Moyenne des lignées et des hybrides F1 et rapport de variance. Essai Cicafé 1.

Variable	Lignée	Hybride	Gain %	Rapport des variances (1)
Production moyenne (kg/ha) ***	2 079	2 724	31	1,48*
Poids de 100 grains secs (g) *	16,13	16,72	3,6	3,06***
Diamètre au collet en mm ***	27,36	30,52	11,5	2,1***
Hauteur en cm***	102	111,7	9,5	1,8**
Nombre de primaires *	5,48	61	6,1	2,5***
Long. de deux primaires (cm) ***	3,02	69	12	1,4*
Long. des entre-noeuds (cm)***	61,6	3,36	11,25	1,6*
Nombre de fruits sur 6 noeuds*	96,6	101,7	4,95	1,8**
% de caracolis***	7,3	10,9	49	1,7**
% de fruits flottants***	3,9	8	205	0,38***
Production/Diamètre***	149,1	174,5	17	
Production/Hauteur***	40	48,4	21	
Production/Nb primaires***	72	89	23,6	
Production/longueur de 2 primaires**	67,5	78	15,5	

(1) (SCE lignées/(n-1))/(SCE hybrides/(n-2)), test F de Snedecor.
*, **, *** analyse de variance, seuils de probabilité, respectivement P ≤ 0,05 ; 0,01 ; 0,001.

Tableau 2. Performance des familles et des témoins (en italique) pour la production, les fruits à une loge (caracolis), les fruits vides (flottants) et le poids de 100 graines pour l'essai 2.

Famille	Production (g cerises/plant)	Vigueur hybride pour la prod. (1) (%)	Grains caracolis (%)	fruits flottants (%)	Poids de 100 graines sèches (moy en g)
Fam. 19	4034a	102	7,9	5,8	17,6
Fam. 1	3696ab	85	11,7	6,5	18,4
Fam. 20	3459abc	83,4	13,8	5,9	20,5
Fam. 21	3389abcd	79,7	13,5	6,2	19,7
Fam. 22	3385abcd	22	11,7	13,8	17,6
Fam. 11	3370abcd	68,6	10,9	4,8	19,5
Fam. 23	3324abcd	66,4	9,8	14,6	17,9
Fam. 24	2924 bcde	37,5	14	14,2	14,2
Fam. 25	2921 bcdef	46,1	9	6	16,9
Fam. 26	2821 bcdef	9,6	9,9	5,9	20,4
<i>Catimor</i>	<i>2770 bcdefg</i>	-	7,3	2,9	16,3
Fam. 27	2677 bcdefg	- 3,3	10,8	7,3	17
Fam. 28	2638 cdefg	39,9	12,2	6,5	19,8
Fam. 29	2512 cdefg	- 9,3	10,6	11,3	18,4
Fam. 9	2370 defgh	11,5	12	6,6	17,3
Fam. 30	2276 efgh	-17,8	12,6	10,9	17,04
Fam. 31	2250 fgh	5,8	9	4	18,9
Fam. 32	2241 fgh	5,4	9	4	18
<i>Catuai</i>	<i>2126 fgh</i>	-	8,2	5	15,9
Fam. 15	2103 fgh	5,2	11,2	8,3	16,5
<i>Caturra</i>	<i>1999 fgh</i>	-	6,7	4,4	16,5
<i>Sarchimor</i>	<i>1886 ghi</i>	-	7,7	4,3	20
Fam. 17	1866 ghi	-12,2	10,6	9,4	17,3

(1) (F1-P1)*100/P1

Sélection de candidats

Cette sélection de candidats est nécessaire pour la seconde étape de sélection.

Après deux années de récolte de deux essais, dix candidats ont pu être sélectionnés et mis en essais de confirmation chez des planteurs. Ces hybrides sont en cours de multiplication par le procédé d'embryogenèse somatique.

Sélection de l'Arabica en Tanzanie

Ce projet est financé par l'Union européenne.

Le programme de ce projet consiste à sélectionner des hybrides créés par la station de Lyamungu en vue de l'acquisition de résistances à la rouille et à l'anthracnose des baies. Ces hybrides, en cours d'évaluation, devraient donner lieu à des essais multilocaux et à des sorties variétales au début des années 2000.

Une part importante des activités en coopération de ce projet est consacrée à des tâches administratives.

Amélioration du Robusta

Création de variétés porte-greffes

La création de variétés porte-greffes est poursuivie en Amérique centrale.

La variété Nemaya, dont la création remonte à 1995, sera diffusée prochainement. La multiplication des parents est réalisée par embryogenèse somatique et microbouturage dans les laboratoires du Catie. En 1997, environ 6 000 plantes-mères ont été livrées au Salvador et au Guatemala. Elles permettront d'établir 2 ha de champs semenciers.

Par ailleurs, l'étude des porte-greffes au champ se poursuit. Un essai mené au Costa Rica montre qu'en altitude (température moyenne de 21°C, à 1 100 m) et en conditions de noninfestation par les nématodes, le greffage sur *C. canephora* ralentit la croissance. Le greffage sur *C. liberica* est à proscrire dans ces mêmes conditions. Cet essai, ajouté aux essais menés au Guatemala et au Salvador, permettra de mieux définir les conditions d'utilisation de la variété Nemaya.

Sortie variétale de clones et d'hybrides

Ce programme de sortie de clones et d'hybrides de *Coffea canephora* est conduit à l'Idefor-dcc, en Côte d'Ivoire.

Sélection récurrente réciproque

Les derniers essais du premier cycle de sélection récurrente réciproque, qui comportent quelques descendances issues de tests intergroupes et des hybrides issus de la grille de croisements entre les meilleurs géniteurs du premier cycle identifiés précocement, en 1991, ont été plantés. Il y a donc des croisements intergroupes entre Guinéen et Congolais, mais aussi des croisements entre géniteurs congolais des sous-groupes 1 et 2. Ces deux sous-groupes avaient été identifiés en 1991 à la suite de l'étude de la diversité génétique dans les collections de travail de l'Idefor-dcc.

Cette parcelle devrait permettre d'identifier des croisements élités, des arbres exceptionnels, mais aussi de tester la valeur des hybrides entre sous-groupes congolais.

Trois essais clôturés ont permis d'identifier de bons géniteurs, et plus de 50 individus vont être testés dans des essais clonaux.

Trois essais de comparaison clonale ont aussi été clôturés, dix clones y ont été sélectionnés pour être incorporés dans un essai de confirmation multilocal.

Tous les tests intergroupes du premier cycle sont au champ depuis 1993. Le choix des géniteurs du second cycle issu du brassage est en cours. Après les dernières campagnes de fécondation, la grille de croisements entre les meilleurs géniteurs du premier cycle est considérée comme achevée. On remarque que certains géniteurs ont un faible taux de réussite

pour des problèmes de floraison (222, 077 et 307), ce qui rendra difficile leur utilisation.

Essai de confirmation clonale multilocal

A partir des essais de comparaison clonale, quatre parcelles ont été implantées sur plusieurs sites. A Divo et à Abengourou, deux descendances ont été incorporées à l'essai 466 x 410 et 077 x 410, et un dispositif statistique simplifié a été utilisé en vue d'observer la réaction des clones à la technique d'écimage.

Fécondations

Une centaine de fécondations ont été réalisées pendant la saison sèche de la campagne 1995-1996. Il s'agit presque exclusivement de compléments de la grille de croisements des meilleurs géniteurs du premier cycle.

Près de 200 fécondations ont été réalisées. Elles constituent le début du deuxième cycle de sélection récurrente réciproque.

Amélioration variétale pour la qualité

Des échantillons ont été préparés pour évaluer la qualité de la nouvelle variété clonale candidate à la vulgarisation. Les analyses ont lieu à l'Idefor-dcc, au Cirad, chez Nestlé et Douwe Egberts.

Micropropagation

Multiplication massale des hybrides F1 d'Arabica

Un procédé d'embryogenèse somatique haute fréquence est appliqué au laboratoire de biotechnologie

Tableau 3. Comportement des hybrides F1 de *C. arabica* pour la production de cal embryogène haute fréquence. Les valeurs obtenues pour la fréquence d'explants embryogènes (CE) et le poids de cal embryogène produit par explant (PCE) sont des moyennes de ces différentes répétitions. Pour chaque hybride, entre 3 et 7 introductions d'au moins 100 explants ont été réalisées.

Hybrides de <i>C. arabica</i>	Nombre d'explants introduits	Nombre d'explants non contaminés	CE (%)	PCE (mg)
Fam.1 , hyb. 1	642	281	38 c	282a
Fam.2, hyb. 2	504	260	6 d	72 b
Fam.2, hyb. 2	641	363	24 cd	179a
Fam.3, hyb. 1	866	341	42 bc	224a
Fam.3, hyb. 2	623	341	17 cd	117ab
Fam.4, hyb. 1	369	74	52abc	262a
Fam.4, hyb. 2	384	162	74ab	284a
Fam.4, hyb. 3	385	133	33 cd	378a
Fam.4, hyb. 4	382	98	32 cd	211a
Fam.4, hyb. 5	285	84	79a	325a

du Catie. L'objectif de cette étude étant la production de masse des hybrides F1, une importance particulière est donnée aux aspects de fiabilité, de productivité et d'applicabilité de la technique à tous les hybrides. Dix hybrides sélectionnés pour leur comportement en champ après deux ans de récolte ont été introduits pour évaluer le procédé.

Il a été possible pour l'ensemble des hybrides d'obtenir des quantités importantes de cal embryogène (tableau 3), d'établir et de maintenir durant neuf mois des suspensions embryogènes et d'obtenir une régénération massive de plantes (jusqu'à 10 000 plantes par récipient d'un litre) dans le système de culture en immersion temporaire (tableau 4).

Tableau 4. Comportement des hybrides pour la phase de régénération en immersion temporaire. La production d'embryons somatiques intervient après 3 mois de culture en récipient à immersion temporaire automatisée (RITAR®) et celle de plantes après 6 mois.

Hybrides F1 de <i>C. arabica</i>	Nombre d'embryons somatiques produits / récipient RITAR®	Conversion en plantes en récipient RITAR® (%)
Fam.1, hyb. 1	9647 ^a	95 a
Fam.2, hyb. 1	767 [*]	85 *
Fam.2, hyb. 2	2678 ^b	89 b
Fam.3, hyb. 1	2663 ^b	85 bc
Fam.3, hyb. 2	1038 ^c	83 c

* non analysé statistiquement (2 répétitions).

Acclimatation

Les premiers résultats indiquent que l'acclimatation directe de ces plantes est possible et permet ainsi d'éviter toute manipulation individuelle des embryons ou des plantes au cours du procédé *in vitro*. Ces résultats sont particulièrement encourageants dans l'hypothèse d'un développement commercial. Des résultats récents indiquent qu'il est possible d'augmenter l'efficacité de la phase de régénération, au plan des quantités de vitroplants produits et de leur qualité, en modifiant certains paramètres de culture tels que la densité de culture, le rythme d'immersion et le type de support utilisé. En 1997, des structures d'acclimatation ont été établies au Salvador et au Guatemala afin d'y recevoir des vitroplants de la variété Nemaya produits au Catie.

Multiplication et diffusion de la variété Nemaya

Les deux parents *C. canephora* de cette variété porte-greffe ont été multipliés par embryogenèse somatique. Leur multiplication a débuté courant 1996

et a été accélérée en 1997. Après diffusion de quelques centaines de plantes aux pays membres de Promecafé, 10 000 plantes des deux parents produites au Catie ont été envoyées au Salvador et au Guatemala en 1997 pour y être acclimatées. Ces plantes serviront à l'établissement de jardins semenciers.

Comportement au champ de vitroplants

Les conditions d'acclimatation des variétés reproduites *in vitro* ont été définies et sont maintenant bien maîtrisées sur microboutures comme sur embryons somatiques. Au cours de cette étude, 3 000 vitroplants représentant quatre hybrides ont été acclimatés et élevés en pépinière et plantés en 1997. Sur 1 800 plantes issues d'embryogenèse somatique, aucune mutation ou variation morphologique n'a pu être décelée en pépinière.

Vérification de la conformité du matériel régénéré

Six mille vitroplants représentant 10 hybrides sélectionnés après deux ans de récolte ont été produits à partir de suspensions cellulaires d'âges différents (0, 3 et 6 mois). Ces plants, actuellement en cours de croissance en laboratoire, ont été acclimatés en 1997 pour être plantés courant 1998. L'objet de cette expérience est de vérifier la conformité du matériel régénéré par ce procédé d'embryogenèse somatique après des durées de prolifération du matériel embryogène en suspension variables et pouvant aller jusqu'à deux ans.

Défense des cultures

Lutte contre la rouille

Cette étude est conduite au Honduras. Le noyau central des recherches est une enquête phytopathologique, dont l'objectif principal est d'une part, de caractériser les conditions de l'environnement (climat, géologie, nature physico-chimique des sols), d'itinéraire technique, de structure de la plantation, de vigueur et de production des plants favorables ou défavorables au développement des maladies et ravageurs du caféier au Honduras (surtout la rouille orangée) et d'autre part, de contribuer à la définition de domaines de risque et de recommandation de lutte. Il faut signaler que les domaines pourraient être régionaux bien sûr, mais aussi techniques. Cette caractérisation doit, en outre, déboucher sur un diagnostic

et la formulation de nouvelles hypothèses de recherche qui devront être testées grâce à une méthodologie expérimentale plus classique. On espère aussi que les résultats permettront d'établir une base de données qui pourra s'enrichir d'informations relatives à des maladies qui n'auront pu être observées dans cette première enquête. Finalement, la connaissance de toutes les variables qui agissent sur le système rouille-caféier pourrait conduire à la conception d'un modèle de simulation, dont l'architecture est déjà avancée.

Certaines hypothèses sont d'ores et déjà testées à travers trois études :

- une étude de cas où le développement de l'épidémie de rouille orangée et les pertes que celle-ci provoque sont observés précisément dans deux parcelles voisines, donc sous l'influence du même environnement (zone écologique du lac de Yojoa), mais avec des conditions d'itinéraire technique et de structure de la plantation contrastées ;
- une étude de l'effet de la fertilisation associée à la lutte chimique sur la rouille orangée menée à Atima, dans le département de Santa Bárbara ;
- une étude sur l'importance de l'inoculum résiduel dans le développement de l'épidémie de rouille orangée, étude réalisée à La Fe, zone du lac de Yojoa.

Toutes les études ont commencé entre mai et juillet 1994. Les études sur le terrain de l'enquête et de l'essai sur l'inoculum résiduel ont été menées. Les autres essais seront conduits jusqu'à mars 1998.

Lutte chimique raisonnée

Evaluation des pertes

L'évaluation des pertes causées par la rouille orangée a été faite dans deux situations de production.

Les données qui ont été enregistrées du 25/05/1994 au 24/03/1995 sont analysées.

Un comportement très différent de la maladie a été observé dans les deux parcelles étudiées, bien que celles-ci se trouvent dans des conditions macroclimatiques similaires. Dans la parcelle dénommée « El Tigre », l'épidémie a été bien plus précoce et a atteint des niveaux d'infection cumulée plus élevés que ceux enregistrés dans la parcelle de « Yojoa Flora » (62 % contre 47 %). Les pourcentages d'infection instantanés maximaux sont, en revanche, similaires, en raison d'une pulvérisation inopportune de fongicides réalisée par le producteur de « El Tigre ». La parcelle de « El Tigre » se caractérise principalement par une distance entre plants sur la ligne plus petite, un ombrage légèrement moins dense, moins de désherbages, des plants moins vigoureux, une meilleure fertilisation en 1994, une plus grande précocité de la récolte et une moindre charge fructifère

que la parcelle de « Yojoa Flora ». Par ailleurs, la parcelle de « El Tigre » n'a qu'un plant par trou alors que celle de « Yojoa Flora » en a deux. Cette information devrait servir à valider les résultats de l'enquête qui, pour l'instant, montrent des tendances semblables. Une équation de régression pour chaque plantation, incluant la même variable de vigueur des plants et la même variable d'infection, a permis d'évaluer les pertes de production (r^2 de 0,72 et 0,78 pour « Yojoa Flora » et « El Tigre » respectivement). Les productions attendues en 1995 sans rouille orangée auraient été de 5 249 g de café cerise sur la parcelle de « Yojoa Flora » et de 5 382 g sur la parcelle de « El Tigre ». Les pertes moyennes ont été respectivement de 2 219 g de café cerise correspondant à un pourcentage d'infection maximum de 55 %, et 1 817 g correspondant à une incidence maximale de 50 % (pertes sur la récolte 1995-1996 provoquées par les épidémies de l'année 1994-1995). L'interprétation de ces pertes est difficile dans l'état actuel des analyses.

Les essais ont été marqués de nouveau et ont suivi leur cours en 1996 : pulvérisations toutes les deux semaines, observations mensuelles, mesures d'ombrage, évaluation de la vigueur des plants, récolte.

Effet de l'inoculum résiduel

Les données sur l'effet de l'inoculum résiduel enregistrées du 30 mai 1994 au 07 avril 1995 sont analysées.

Un effet de l'inoculum résiduel sur le développement initial de l'épidémie a été mis en évidence. Cela permet de penser que la lutte contre la maladie à travers la réduction de l'inoculum résiduel est réalisable (au moyen de fongicides systémiques par exemple) et que son estimation en début de saison devrait apporter des informations sur la gravité de l'épidémie à venir. L'inoculum résiduel doit donc être évalué dans l'enquête. Le meilleur traitement chimique, parmi ceux qui ont été évalués, est d'ailleurs celui qui a reçu une première pulvérisation d'un produit systémique le 30 juin 1994, suivie d'une pulvérisation d'oxychlorure de cuivre le 27 juillet 1994.

L'essai a été marqué de nouveau et a suivi son cours en 1996 avec l'éradication mécanique de l'inoculum résiduel, pulvérisations, observations mensuelles, évaluation de la vigueur des plants, récolte.

Fertilisation associée à la lutte chimique

L'effet d'une fertilisation adaptée associée à la lutte chimique contre la rouille orangée a été étudié.

Les données enregistrées du 10 juin 1994 au 7 avril 1995 sont analysées.

Il a été noté que les fortes incidences de rouille orangée étaient étroitement liées aux caractéristiques du sol suivantes : pH faible, teneurs faibles en calcium, manganèse et bases, teneurs élevées en aluminium et fer. Par ailleurs, les niveaux de rouille

orangée élevés ont été trouvés sur les parcelles qui avaient un grand nombre de fruits. En revanche, la matière organique et la teneur en cuivre du sol n'ont pas d'influence sur les incidences de rouille orangée. Ces résultats sont compatibles avec ceux trouvés dans l'enquête. Les liaisons mentionnées ont été utilisées pour améliorer la précision de l'analyse statistique de l'essai au moyen d'une analyse de covariance. Des interactions entre les facteurs étudiés (fertilisation et pulvérisations cupriques) ont été mises en évidence et laissent penser que le succès de la lutte chimique contre la rouille orangée au moyen d'un nombre réduit de pulvérisations devrait dépendre d'aspects nutritionnels.

L'essai a été marqué de nouveau et a suivi son cours : échantillonnages de sol, pulvérisations, fertilisations, évaluations du pourcentage d'ombrage et de la vigueur des plants, observations mensuelles, récolte.

Enquête phytopathologique

Les données enregistrées de juillet 1994 à mars 1996 sont analysées.

Des effets spécifiques de la température, de la pluie, de l'acidité du sol, des distances de plantation, du pourcentage d'ombrage, du nombre de passages de récolte, de la vigueur et de la charge fructifère des plants sur la rouille orangée ont été mis en évidence. La segmentation a permis de traiter les meilleures variables et de définir des ébauches de domaines de risque associé à la maladie. Les risques les plus élevés (plus de 60 % d'infection en fin de récolte) ont été trouvés sur des sols contenant plus de 0,01 méq/100 g d'aluminium, soit avec des charges fructifères élevées (plus de 9 000 fruits pour cinq plants), soit avec des charges fructifères faibles à moyennes (moins de 9 000 fruits pour cinq plants), mais avec des pourcentages d'ombrage moyens à élevés (plus de 42 %) et de nombreux passages de récolte (plus de quatre). Les risques les plus faibles (moins de 30 % d'infection en fin de récolte) ont été observés sur des sols contenant 0,01 méq d'aluminium et avec des températures inférieures à 21,8°C ou supérieures à 23,4°C, ou encore sur des sols contenant plus de 0,01 méq d'aluminium, avec des charges fructifères faibles à moyennes (moins de 9 000 fruits pour cinq plants) et peu d'ombrage (moins de 42 %). Des domaines de risque intermédiaire ont aussi été définis. Pour chaque domaine de risque un nombre de pulvérisations cupriques adapté a été suggéré.

Un antagonisme entre rouille orangée et cercosporiose/anthracnose a aussi été mis en évidence, ce qui permet de penser que la rouille orangée n'est probablement pas un parasite nécrotrophe, et que les effets de la nutrition sur la maladie sont certainement complexes.

En 1996, l'enquête est passée de 35 à 73 parcelles, et de quatre à six régions. Trois tournées ont été réalisées dans ces six régions en 1996 au début des pluies, peu avant la récolte et pendant la récolte.

Anthracnose des baies

Méthode quantitative d'inoculations artificielles

La comparaison de différentes techniques d'inoculation a permis de retenir la technique d'inoculation de jeunes semenceaux par trempage dans une suspension de conidies. Elle s'est révélée quantitative, fiable et reproductible. Elle est adaptée aux conditions de travail rencontrées localement. Un index d'intensité de la maladie (IIM) de 0 à 100 permet le classement des variétés.

Résistance du matériel végétal en collection

Les 38 génotypes identifiés arbre par arbre, qui constituent le matériel végétal en évaluation, ont été confrontés à neuf isolats géographiques du Cameroun représentant la diversité des différentes zones de production. Le plan d'inoculation n'est pas complet. Il représente environ 200 inoculations.

Au sein du matériel végétal testé vis-à-vis des isolats les plus agressifs, des réactions de tolérance ont été enregistrées. Dans la série de génotypes testée avec la souche 732, 38 % ont un IIM inférieur à 60 et dans celle des génotypes testée avec la souche 822, 20 % présentent un IIM inférieur à 60.

Les génotypes ET 2, ET 3, IL 3, ET 19 et Rume Sudan 2724 ayant présenté un IIM inférieur à 60 vis-à-vis des différents isolats ont été retenus pour être introduits dans un schéma de sélection.

Analyse des interactions hôte-pathogène

La mesure du pouvoir pathogène d'une série d'isolats du pathogène sur une gamme de génotypes a mis en évidence différents niveaux d'agressivité. L'analyse générale des relations hôte-pathogène montre que l'intensité de la réponse de l'hôte est dépendante de l'agressivité du pathogène. A une souche peu agressive correspond une réaction de faible intensité, à une souche plus agressive correspond une réaction de forte sensibilité.

Toutefois, ce schéma n'est pas applicable à l'ensemble des résultats. Des réactions de résistance/sensibilité de type spécifique sont soupçonnées. Ce résultat devra être confirmé.

Mais dès à présent, les résultats révèlent l'existence d'une certaine diversité dans l'expression du pouvoir pathogène des isolats responsables de l'anthracnose des baies au Cameroun.

Ce résultat s'appuie sur l'analyse de quelques isolats géographiques. Elle sera approfondie en année 3 avec une gamme d'isolats plus étendue, qui a été récoltée au cours d'une prospection sur l'ensemble de la zone de l'Arabica du Cameroun.

Evaluation de la sensibilité au champ

Une évaluation de la sensibilité au champ a été réalisée sur l'ensemble de la collection de caféiers éthiopiens de la station de Santa.

Influence des facteurs climatiques sur la maladie

Une méthode d'estimation fine des pertes de production a été mise en place et validée dans le cas d'une épidémie se développant sous un climat à une seule saison de pluies. Elle a permis de révéler

l'influence de microvariations climatiques, provoquées par les différents modes de conduite de la caféière en zone préférentiellement à l'ombre ou au soleil, sur le taux de chute des baies.

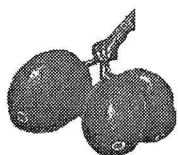
Zones agroécologiques favorables à la maladie

Une étude conduite sous forme d'enquête auprès de 600 planteurs a été lancée afin d'identifier les zones les plus atteintes par la maladie et d'évaluer le comportement de la variété Java en milieu paysan.

Etude de la diversité du pathogène

Une prospection d'isolats du pathogène a permis de collecter des isolats géographiques représentatifs de la quasi totalité de la zone d'arabica culture. L'ensemble des isolats est en cours de purification.





Elimination des goûts et arômes indésirables du café

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

G. Fourny, responsable ;

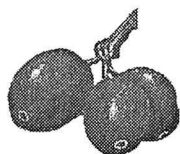
B. Bouyjou, B. Guyot, M. Jacquet, D. Gueule, B. Decazy.

Ce projet de recherche, conduit au Burundi, a été arrêté prématurément, lorsque la situation socio-politique est devenue trop dangereuse pour maintenir une activité dans ce pays.

Ceci s'est traduit par un retrait progressif des chercheurs en avril (G. Fourny), puis en juin 1996 (B. Bouyjou).

Certaines opérations de recherche sur le terrain, en particulier celles concernant la lutte chimique contre l'*Antestia*, ont néanmoins été mises en place mais il a été impossible d'obtenir les résultats. En technologie post-récolte, rien n'a été entrepris malgré un début précoce de la campagne.

Durant cette période d'instabilité, les deux chercheurs ont pu rédiger un document faisant le bilan de l'intervention du Cirad au Burundi et terminer les activités de laboratoire, tout en faisant une passation de service à leurs homologues burundais.



Systèmes de culture et amélioration de la productivité

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

D. Snoeck, responsable ;

A. Pilecki, G. Champeroux, P. Vaast, B. Sallée,
P. Jagoret, J.-L. Pradon, F. Descroix.

Ce projet a également connu une baisse sensible d'activités liée à plusieurs facteurs tels que :

- le retrait des chercheurs qui travaillaient au Burundi sur les aspects fertilisation minérale et cultures associées de légumineuses ;
- l'arrêt en fin d'année 1996 du projet Laos ;
- l'absence d'ouverture de poste d'agronome au cours de l'année 1996.

Il a été essentiellement développé une activité d'expertises :

- en Indonésie, pour de l'assistance technique auprès de plantations industrielles privées ;
- en Haïti, pour définir, mettre en place et suivre un programme de recherche et de développement dans les petites exploitations caféières familiales.

Associations culturales permanentes caféiers-légumineuses

Transferts d'azote de la légumineuse au caféier

L'ensemble des travaux concernant ce thème a été étudié au Burundi et est décrit dans la thèse de doctorat de D. Snoeck.

L'association d'une légumineuse cultivée en haie entre les rangs de caféiers sera la plus efficace si on trouve une plante capable de fixer l'azote atmosphérique, d'apporter une biomasse suffisante et de ne pas concurrencer les caféiers pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs. L'association sera d'autant plus performante que la fixation biologique de l'azote sera optimale.

Les atouts guidant le choix de la légumineuse associée sont la non-concurrence avec le caféier et la protection du sol contre l'évaporation en saison sèche et contre l'érosion sur forte pente.

Au Burundi, les essais ont montré que le *Leucaena* et le *Flemingia* conviennent à l'association avec les caféiers. Dans certaines régions (pluviométrie suffisante), le *Desmodium* peut aussi être utilisé. L'intérêt du *Leucaena* réside dans le fait que les souches de *Rhizobium* qui lui sont spécifiques et nécessaires pour assurer l'activité fixatrice d'azote existent naturellement dans les sols de ce pays. Le *Leucaena leucocephala* est recommandé aux altitudes inférieures à 1 500 m, tandis que le *Leucaena diversifolia* pousse mieux à une altitude supérieure à 1 500 m.

Les techniques de mesure isotopiques ont été utilisées pour apprécier les flux d'azote dans le sol et dans la plante, ainsi que les bénéfices que procure, au caféier, la fixation biologique d'azote atmosphérique par la légumineuse cultivée en haies dans la plantation.

Cependant, quelle que soit la légumineuse utilisée, les sols du Burundi sont généralement trop acides et désaturés et des amendements sont donc nécessaires. Dans ce type de sols désaturés, il faut apporter de la chaux magnésienne pour obtenir un niveau de $(Ca+Mg) \geq 2$ méq/100g de sol et pas trop acide ($pH_{H_2O} \geq 5,5$), tandis que les apports de phosphate doivent permettre d'atteindre un niveau de phosphore assimilable ≥ 55 ppm dans le sol. Du fait de l'antagonisme qui existe entre ces éléments, les niveaux de phosphore ne peuvent être atteints qu'après avoir neutralisé l'aluminium échangeable, donc après avoir corrigé le pH.

L'étude des flux d'azote dans le sol et dans les plantes montre qu'il y a un transfert d'azote de la légumineuse vers le caféier. En effet, le caféier cultivé à proximité de la légumineuse bénéficie d'environ un tiers de l'azote provenant de la fixation atmosphérique par la légumineuse au bout de trois années.

En revanche, les caféiers plus éloignés ne bénéficient pas de l'association. Il faut donc gérer le système de manière à favoriser le transfert d'azote ; ceci nécessite une étude complémentaire sur la répartition des nodosités autour des deux plantes afin de définir les distances de plantation.

Pour que la fixation soit efficace, il faut aussi conserver les émondes de la légumineuse dans le système cultural associatif. Les pertes de matière végétale occasionnées par l'exportation de ces émondes (pour nourrir du bétail, par exemple) seraient préjudiciables à l'équilibre du système. La coupe périodique des plants de *Leucaena* ou de *Flemingia* est nécessaire pour éviter les concurrences entre les deux cultures vis-à-vis de la lumière et de l'encombrement spatial. Malheureusement, cette coupe entraîne une forte mortalité des nodosités et donc une diminution de fixatrice d'azote. Lorsque les plants sont coupés près de la base du tronc, la reprise de la végétation se fait au détriment des réserves en hydrate de carbone de la plante et en azote du sol. Cet inconvénient peut être limité en laissant une quantité suffisante de feuillage pour assurer la photosynthèse lors de la reprise de croissance, quand on coupe les plantes. Il est donc recommandé de couper les légumineuses à plus de 50 cm du sol, en laissant une branche tire-sève.

Autres essais d'association
caféiers-légumineuses

Des essais d'associations de caféiers avec *Flemingia* et *Gliricidia* ont été mis en place à São Tomé. Les résultats ne sont pas encore disponibles.

Maintien et restauration
de la fertilité des sols

Au Burundi, de nombreux essais de fertilisation ont été réalisés. Ils ont permis de mettre au point des recommandations simples pour les principaux types de sol. Les recommandations prennent en compte l'analyse de sol.

Mycorhization des caféiers

Le programme café participe à l'ATP N°30/96 « Caractérisation et étude de la diversité biologique, biochimique et moléculaire des nématodes phytoparasites » par la mise en place et le suivi d'un essai en serre sur les interactions entre nématodes et mycorhizes sur le caféier Arabica.

Amélioration
des productions

Taille de formation

Un essai a été mis en place en 1987 à Makamba (Burundi) pour comparer quinze variétés de caféiers cultivés en tiges uniques écimées ou en tiges multiples.

Les caféiers conduits en tiges uniques ont commencé à produire plus tôt, car ils n'ont pas eu besoin d'être arqués. Mais, cet avantage s'est perdu au bout de trois ans et, sur l'ensemble du cycle (sept ans), les caféiers cultivés en multicaulie, c'est-à-dire selon la méthode traditionnelle, ont produit légèrement plus (résultats non significatifs) que les caféiers taillés par les autres méthodes.

La taille en tiges uniques écimées a permis d'avoir des caféiers qui entrent en production dès la deuxième année. Mais cet avantage s'est perdu sur la moyenne du cycle puisque, les deux dernières années, les tiges multiples produisent plus que les tiges uniques.

Comparaison des modes de conduite
du caféier

Au Burundi, le passage à la multicaulie des jeunes plants de caféier est réalisé grâce à la technique d'arcure. Cette technique est relativement mal acceptée par les caféiculteurs qui ne l'appliquent pas correctement : elle est souvent tardivement exécutée, et la tige mère est conservée ou pas assez arquée, etc. Un essai a été mis en place en 1988 à Makamba (Burundi) pour comparer différentes techniques de taille de formation. Les résultats de récoltes obtenues en 1994 sont présentés au tableau 1.

Tableau 1. Production moyenne, en kg CM/ha, des caféiers pour la période de 1991 à 1994.

Arcure après 10 mois	387
Arcure en pépinière	398
Étêtage en pépinière	352
Arcure 2 mois après la plantation	380
F. taille	0,6 ^{ns}
CV blocs	16 %

D'une manière générale, l'étêtage et l'arcure en pépinière donnent des productions équivalentes à la méthode classique qui est celle de l'arcure en champ 10 mois après la plantation. Mais il est beaucoup plus facile de former des plants en pépinière qu'en champ. De plus, dans ce dernier cas, 30 % des plants ne sont pas arqués et 20 % des plants sont cassés ou écrasés par les passages de personnes ou d'animaux.

Recherches en développement

Analyse de la filière café salvadorienne

Un premier diagnostic de la filière café au Salvador a été élaboré et présenté aux différents acteurs. Les premiers résultats montrent que :

- le secteur productif est très compétitif au niveau régional ; il s'appuie sur une main-d'œuvre bon marché (environ 3 dollars la journée, charges comprises), une tradition solide, un appui scientifique et technique de qualité et, surtout, sur des groupes de grands producteurs dynamiques associés en coopérative ou non ;
- huit types de producteurs peuvent être identifiés ; le principal facteur discriminant est l'emploi de main-d'œuvre salariée. Pratiquement aucun des producteurs du Salvador ne vit exclusivement du café ;
- la transformation du café est très complète et permet de valoriser la qualité. De plus, les usines de transformation du café par voie humide du Salvador ne rejettent pratiquement aucun effluent ; la recirculation est très efficace (0,75 l d'eau par kg de cerises) et les eaux résiduaires sont stockées dans des lagunes d'oxydation ;
- la filière commerciale possède l'originalité de laisser le producteur propriétaire de son café jusqu'au moment où celui-ci décide de le vendre. Les industriels et exportateurs ne sont que des prestataires de service.

En ce qui concerne l'organisation de la filière, l'intérêt des coopératives de service (transformation et commercialisation du café, fourniture d'intrants et de crédit) a été démontré. En revanche, les coopératives de production créées au moment de la réforme agraire (1980), de la démobilisation des forces armées et de la guérilla sont un demi-échec.

Systèmes de production des caféiculteurs minifundistes

Au Salvador, la typologie employée de tous temps par la profession est basée sur la superficie caféière en propriété. Sont considérés comme « petits » producteurs, les caféiculteurs qui possèdent moins de 14 ha de café (20 *manzanas*). Ces producteurs, qui seraient de 14 000 à 18 000, n'ont jamais été inclus dans les programmes de vulgarisation. Après la guerre (1980-1992), la coopération avec les Etats-Unis a imposé à la fondation Procafé la création d'un programme d'appui à ce secteur. Le programme « groupement de petits producteurs » a été lancé en 1993, sans analyse préalable. Il repose sur des

subventions en plants et intrants de pépinière. Trois ans après sa mise en place, ce programme ne donne pas les résultats escomptés. La fondation a donc demandé au Cirad un diagnostic de ce type de producteurs. Les premiers résultats montrent que :

- ces caféiculteurs sont âgés de 53 ans en moyenne. Leurs enfants sont en ville ou aux Etats-Unis et leur envoient de fortes sommes d'argent (1 000 millions de dollars en 1996 au niveau national) qui leur permettent de vivre ;
- il est possible de distinguer les « micro » producteurs possédant moins de 2,1 ha ; une autre classification avec l'utilisation du critère « main-d'œuvre salariée » est possible ;
- pour 41 % des caféiculteurs, le café est une spéculation marginale ; à l'autre extrême, seuls 3 % de ces producteurs vivent totalement du café.

Appui aux structures de développement salvadorien

Organisation du flux de l'information interne

En 1993 et 1994, le service de vulgarisation agricole de la fondation Procafé ne possédait pratiquement aucune donnée sur son fonctionnement interne, le nombre de producteurs touchés, l'ampleur et le type de ses recommandations, le diagnostic des plantations, etc.

En 1995 et 1996, un système a été mis en place qui a permis d'obtenir des informations sur le travail accompli par les 38-40 vulgarisateurs répartis en 13 bureaux et 3 régions. L'analyse de ces informations permet de mieux adapter le service de vulgarisation. Fort de ces résultats, à partir de juin 1996, s'est mis progressivement en place un système de bases de données uniques pour tous les services de la fondation, en réseau. Ce nouveau système permet, à partir de n'importe quel bureau de Procafé, d'obtenir toutes les informations sur un producteur ou sur une *finca* (diagnostics, visites, résultats d'analyses, productions, etc.).

Fonctionnement du service de vulgarisation

A partir des données recueillies par le système d'information interne, une analyse des activités des services de vulgarisation a été réalisée en 1996. Parmi le grand nombre de résultats, on peut retenir que :

- la « clientèle » des services de vulgarisation est composée de 3 998 propriétaires, dont 9,4 % sont des sociétés (sociétés commerciales ou coopératives de production). Cela représente environ 100 « clients » par technicien. Pour l'ensemble des « clients », 22 % possèdent moins de 0,7 ha de caféier et 43,3 % moins de 2,1 ha ;

- la surface en caféiers de la clientèle totale est de 113 000 *manzanas* (79 100 ha), c'est-à-dire la moitié de la superficie caféière totale du Salvador ;
- plus de la moitié de cette surface (57 %) est actuellement cultivée suivant les recommandations de la fondation.

Les techniciens ont réalisé 16 584 visites techniques sur les plantations (410/technicien/an) ; ils ont organisé 352 sessions de formation. Le système de vulgarisation « Formation et visites » suivi par la fondation donne les meilleurs résultats dans les coopératives de production, chez les membres des coopératives de transformation et chez les grands producteurs. Il n'est pas ou peu adapté aux producteurs minifundistes non coopératifs et qui n'ont pas accès au crédit.

Création de programmes informatiques agroéconomiques

Un des principaux handicaps des vulgarisateurs de la fondation Procafé est l'absence d'arguments économiques et financiers pouvant accompagner les recommandations techniques. Quatre programmes informatiques ont été créés en 1996 ; ils permettent de calculer, à partir des données particulières de chaque système de production, la faisabilité d'un investissement en superficie nouvelle ou en rénovation de vieilles caféières. Un programme de calcul de crédits de campagne est en cours de création.

Formation

De nombreux ateliers et journées de formation ont été organisés en 1996. La grande majorité d'entre eux concernait la formation de formateurs. Les principaux thèmes abordés furent :

- les principes de recherche et de développement ;
- les notions de systèmes agraires, de production et de culture ;
- les résultats de l'analyse du contrôle intégral du scolyte ;
- la création de coopératives de transformation et commercialisation du café.

Programme de revitalisation du secteur café en Haïti

En Haïti, l'érosion continue de la production agricole résulte de multiples facteurs comme les aléas climatiques, l'importante pression démographique, l'importance des terres incultes, la dégradation des sols, mais aussi un manque d'encadrement. Les événements politiques de ces dernières années ont entraîné une sévère dégradation de l'économie nationale en général et de l'agriculture en particulier.

Les produits agricoles d'exportation, et plus particulièrement le café, grands pourvoyeurs traditionnels de devises, subissent un déclin continu : baisse de la production et des volumes exportés, régression de la qualité, diminution des superficies plantées et détérioration de l'état phytosanitaire des caféières.

La relance des productions et l'amélioration des revenus des acteurs économiques du secteur agricole ne peuvent être envisagées sans la participation active de l'ensemble des partenaires publics ou privés des filières concernées. La multitude des milieux et conditions de culture implique des actions qui prennent en considération cette diversité. Les structures d'encadrement doivent donc adapter les messages et proposer des itinéraires techniques qui prennent en considération non seulement les conditions pédoclimatiques locales, mais aussi les capacités socio-économiques des exploitations. Pour ce faire, les agents d'encadrement doivent pouvoir disposer de référentiels techniques fiables et rentables.

Le Cirad participe à cette relance dans le cadre du projet Stabex 90-93 dans les domaines de l'agronomie, la biométrie, la défense des cultures, la documentation, l'économie, la formation, la technologie et la vulgarisation. Ce projet vise à :

- contribuer à la mise au point de référentiels techniquement performants et économiquement adaptés aux différentes conditions de production, tout en préservant les écosystèmes caféier et cacaoyer, par l'intensification des actions de recherche et de développement. Ce premier objectif ne pourra être atteint sans que soient améliorés la connaissance du verger, les principaux facteurs qui conditionnent les productivités et la qualité des cafés produits, de même que les conditions socio-économiques de production ;
- favoriser la relance des productions caféière et cacaoyère par des appuis techniques et logistiques au bénéfice des organisations professionnelles agricoles et des structures d'encadrement ;
- parfaire la formation des producteurs et des agents d'encadrement publics ou privés et mettre au point des circuits pour l'information des partenaires de ces deux filières.

Valorisation des cafés hors grade et des sous-produits

Estérification enzymatique : application aux acides phénols

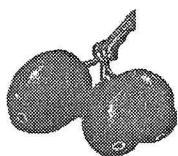
L'estérification d'acides phénols par des lipases n'a jamais été étudiée, mais elle peut présenter un intérêt pour la valorisation des acides phénols du café vert, qui constituent une fraction importante de ses

constituants chimiques. Ils présentent, en effet, des propriétés antioxydantes intéressantes pour des activités industrialisées, telles que la cosmétologie, la pharmacie ou encore l'agroalimentaire. L'intérêt de l'estérification de ces acides phénols est d'augmenter leur solubilité dans les solvants organiques.

Les résultats d'estérifications en milieu organique et en présence d'une lipase issue de *Candida antarctica* et exprimée par *Aspergillus oryzae*, la Novozyme 435, sont encourageants. La plupart des acides phénols, dérivés de l'acide cinnamique et de l'acide benzoïque, ont pu être estérifiés, cependant les rendements obtenus varient fortement suivant la structure de

l'acide. Ils sont, en effet, fonction de nombreux paramètres tels que le choix de l'alcool, la nature et le nombre des groupements OH et OCH₃ greffés sur le cycle aromatique, ou encore la présence ou non d'une double liaison dans la chaîne carbonée qui porte la fonction acide.

L'estérification des acides phénols par l'intermédiaire d'une lipase donne de bons résultats tant que l'acide ne contient pas à la fois un ou plusieurs groupements hydroxyles greffés sur le cycle benzénique et une double liaison dans la chaîne carbonée porteuse de la fonction acide.



Les déterminants de la qualité des cafés

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

B. Guyot, responsable ;

J.J. Perriot, D. Gueule, J.C. Manez, M. Jacquet.

La demande de cafés particuliers correspondant à un nouveau marché, celui des cafés « gourmets », implique une meilleure connaissance des facteurs influençant la qualité organoleptique. La stratégie globale suivie dans ce projet est proche de celle qui a été appliquée pour le vin.

Les approches sont différentes, selon les espèces de caféiers étudiées :

- pour le café Arabica, on étudie plus particulièrement les facteurs « terroirs » susceptibles de modifier la qualité ;

- pour le café Robusta, sachant qu'il existe de grandes variations suivant les groupes de géniteurs utilisés, il paraît plus important dans l'immédiat de connaître l'héritabilité des composants des cafés verts qui sont à l'origine de l'arôme.

Une dernière composante des études sur la qualité concerne la conservation des qualités organoleptiques du café-boisson en vue de préparer, éventuellement, des boissons prêtes à la consommation ; ces boissons seraient une alternative au développement des *soft drinks*.

Qualité des cafés au Guatemala

Cette étude, réalisée en collaboration avec Anacafé (Guatemala) a mis en évidence l'influence des régions de production et des variétés sur la composition chimique des cafés verts et sur les caractéristiques organoleptiques des cafés torréfiés correspondants.

Les caractéristiques chimiques (caféine, acides chlorogéniques, matière grasse, sucres, acidité et trigonelline) permettent de classer les cafés en fonction des régions d'origine : Antigua, Coban, Fraijanes, Atitlan, Huehuetenango. L'analyse en composantes principales montre que les principaux critères discriminants sont la teneur en sucre et l'acidité, d'une part, et la teneur en matière grasse, d'autre part. Ces résultats montrent des différences

nettes entre les régions Coban et Huehuetenango et les autres régions. La région d'Atitlan peut être divisée en deux zones en fonction des variétés Caturra et Catuai.

Les tests organoleptiques effectués par variété (Caturra, Catuai et Bourbon) permettent, à partir d'une analyse en composantes principales, de différencier les régions. Seuls quelques échantillons provenant de Coban (Caturra et Bourbon) et d'Atitlan (Caturra) ne peuvent être classés.

Les résultats de cette étude révèlent qu'il est possible de différencier des échantillons de café en fonction des régions de production et de la variété ; les tests organoleptiques confirment les résultats des analyses chimiques.

Transmission de caractères biochimiques chez le Robusta

Cette étude est effectuée en collaboration avec l'Idefor-dcc (Côte d'Ivoire) ; elle a pour but de déterminer, entre parents et hybrides, la transmission de différents critères biochimiques : caféine, trigonelline, acides chlorogéniques, matière grasse et saccharose.

Les différentes analyses chimiques ont été réalisées sur deux séries d'échantillons : 84 échantillons dont les parents sont congolais et guinéens et leurs hybrides, et 157 échantillons correspondant à 33 familles différentes.

Pour la plupart de ces caractères biochimiques, l'héritabilité est moyenne à forte et des différences importantes sont notées entre les géniteurs. L'intérêt de ces résultats est important pour la sélection des caféiers produisant des cafés de qualité.

Qualité du café-boisson et stockage

Cette étude concerne l'évolution de la qualité du café-boisson au cours du stockage et l'influence de différents traitements chimiques et physiques sur cette qualité.

L'un des problèmes de la production de café-boisson en boîte est la formation d'un précipité au cours du vieillissement. La turbidité des boissons a été prise comme mesure de l'évolution de la quantité de précipité présent. La formation de ce précipité est due à des composés peu solubles, extraits à chaud et qui deviennent colloïdes lorsque la boisson refroidit. Cependant, cette étape n'est que le mécanisme de démarrage du processus de formation du précipité, car le trouble continue à se former pendant le vieillissement, en suivant une équation du type $Y = X / (a + bX)$, où Y est la turbidité de la boisson et X le temps. Ce comportement est probablement dû à une réaction de polymérisation ou de formation de complexes à partir de germes présents au départ.

Afin d'empêcher la formation de ce précipité, les effets de quelques traitements chimiques et physiques ont été étudiés. En général, l'ajout de n'importe quel solide à la boisson, même dans le cas d'enzymes hydrolytiques, fait augmenter la turbidité. La présence ou l'absence d'oxygène n'a pas d'effet sur la formation du précipité, en revanche, les traitements physiques sont relativement efficaces pour l'inhiber. La température d'extraction est un facteur important : de meilleurs résultats sont obtenus lorsque la température ne dépasse pas 91°C, afin de ne pas extraire trop de colloïdes. L'agitation ne fait que ralentir légèrement la formation du précipité, mais sans diminuer sa quantité. Mais une filtration sur membrane (0,45 µm) enlève partiellement le trouble. La centrifugation est la méthode la plus efficace pour empêcher la formation du précipité, car elle élimine la majeure partie des colloïdes après la préparation de la

boisson. Après un long stockage, un café centrifugé présente un trouble comparable à celui d'un café fraîchement préparé.

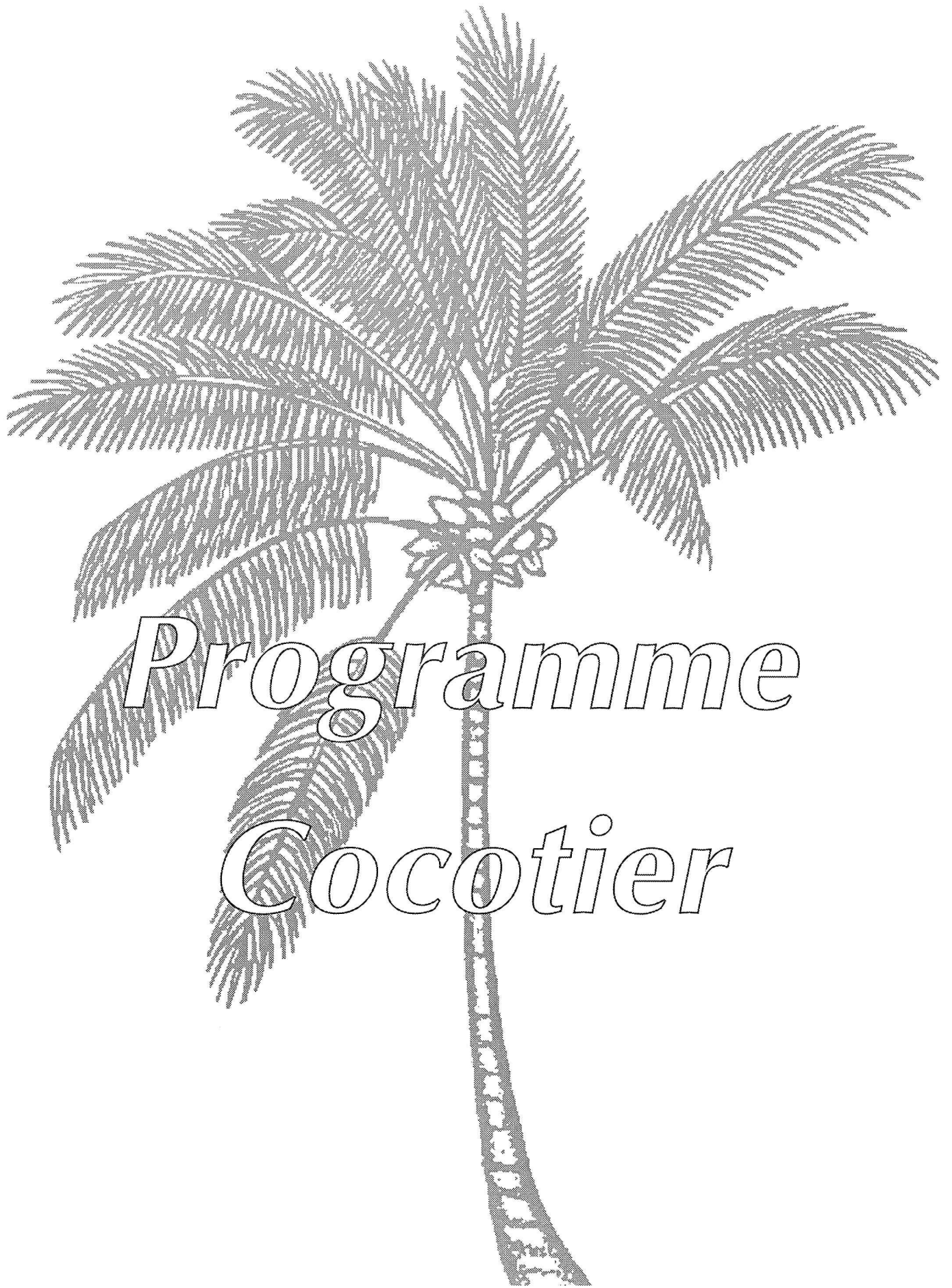
D'un point de vue organoleptique, une boisson centrifugée et stockée trois mois, garde certaines qualités initiales (corps, amertume et acidité).

Pervaporation : extraction et analyse de l'arôme café

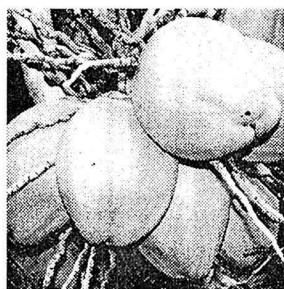
La pervaporation est un procédé de séparation de constituants d'un mélange liquide par vaporisation partielle au travers d'une membrane dense présentant une affinité préférentielle pour certains constituants. La nature des phases de part et d'autre de la membrane est différente : liquide en amont et gazeuse en aval.

Des essais effectués en système modèle à partir de différents constituants de l'arôme café (acétyl 2-furane, pyrol, méthyl 2-pyrazine, acétyl 2, méthyl 1-pyrol et diméthyl 2,6-pyrazine) ont montré la faisabilité du procédé pour l'arôme café en utilisant une membrane hydrophobe poly-(diméthyl) siloxane (PDMS). Le coefficient d'enrichissement β varie de 3 à 25 en fonction de la nature des composés.

L'application de ce procédé pour concentrer des extraits aromatiques de café a mis en évidence des problèmes de flux dus au colmatage des pores de la membrane utilisée par certains composés présents dans l'arôme café (mélanoidines en particulier). Des essais complémentaires devront être effectués en faisant varier la température de l'extrait et la nature de la membrane.



Programme
Cocotier



Introduction

Conjoncture de la filière

L'année 1996 fut morose : toutes les variables économiques du marché du coprah et de son huile, excepté son prix, furent inclinées à la baisse en raison principalement de la piètre récolte philippine (- 30 % par rapport à l'excellente production 1995). A l'opposé, l'année 1997 a été marquée par un retour de la croissance.

Ainsi l'augmentation de la production mondiale de coprah fut de près de 11 %, identique à celle de la production d'huile. Les bonnes performances des vergers philippins (production de coprah en hausse de 20 %) et indonésiens (hausse de 14 %) en sont les premiers responsables. Seule l'Inde est en repli (-8 % de la production de coprah et de son huile). L'archipel des Philippines reste le premier producteur de coprah et d'huile (40 % de la production mondiale) devant l'Indonésie (25 %) et l'Inde (11 %). Correctement anticipée par le marché, cette hausse du volume produit que l'on annonçait déjà pour fin 1996 s'est traduite par une augmentation des positions de vente qui a fait chuter les cours dès le premier

trimestre 1997 (figure 1). Les perturbations de l'année 1996 qui avaient affecté le marché du coprah au bénéfice du palmiste ont disparu durant 1997 : le marché des lauriques paraît à nouveau unifié.

Le commerce du coprah et de son huile montre des signes évidents de santé : la conjonction de cours élevés en 1996 et janvier 1997 et d'excellentes prévisions de production a stimulé les exportations d'huile dans le monde (+ 25 %). Si la part commercialisée de la production mondiale de coprah stagne à 4 %, la proportion de l'huile produite mise sur le marché mondial est en hausse : de 48 % elle passe à 54 %. Comme l'Indonésie nous y a habitué depuis quelques années, sa contribution dans les exportations augmente notablement en période de cours élevés. Elle alimente en 1997 le commerce mondial de l'huile de coprah à hauteur de 31 %, contre 27 % l'année précédente. La demande est plus stable, les intervenants sont connus, localisés en Europe d'abord (37 % des importations), aux Etats-Unis ensuite (31 %), la localisation n'ayant pas grand sens lorsque l'on sait que les acheteurs que l'on y trouve sont, pour les plus gros d'entre eux, les mêmes.

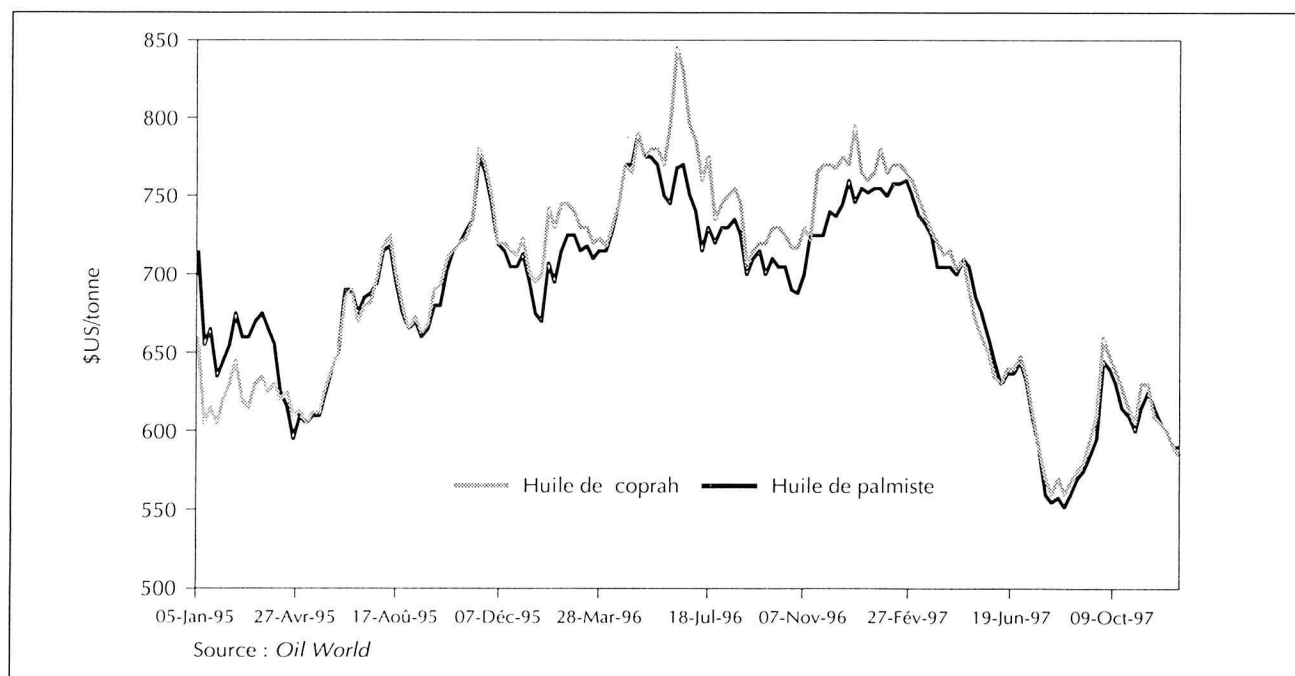


Figure 1. Cours hebdomadaire des huiles de coprah et de palmiste.

Tableau 1. Productions mondiales et par principaux pays producteurs de coprah et d'huile de coprah (en milliers de tonnes).

	Coprah		Huile de coprah	
	1996	1997	1996	1997
Asie-Pacifique				
Philippines	1 725	2 080	1 090	1 309
Indonésie	1 155	1 320	699	808
Inde	630	580	378	348
Vietnam	210	215	108	111
Papouasie-Nouvelle-Guinée	178	188	52	57
Thaïlande	90	100	55	60
Sri Lanka	88	100	d.m.	d.m.
Malaisie	1 725	60	35	33
Amérique latine				
Mexique	155	150	97	94
Afrique				
Mozambique	75	76	0	0
Côte d'Ivoire	75	75	42	42
Monde	4 779	5 285	2 934	3 255

Source : *Oil World*.

Tableau 2. Commerce du coprah et de l'huile de coprah en 1996 et 1997 (en milliers de tonnes).

	Coprah		Huile de coprah	
	1996	1997	1996	1997
Exportations				
Côte d'Ivoire	9	10	15	15
Iles Salomon	17	18	0	0
Indonésie			379	548
Malaisie	6	4	35	32
Papouasie-Nouvelle-Guinée	99	100	50	52
Philippines	3	1	830	1 000
Vanuatu	27	26	0	0
Monde	216	203	1 397	1 751
Importations				
Bangladesh	34	30	d.m.	d.m.
Chine	0	0	43	45
Corée du Sud	0	0	42	44
Japon			20	28
Malaisie	37	41	14	21
Singapour	7	2	35	34
Union européenne	96	113	575	655
Etats-Unis	0	0	423	552
Monde	201	211	1 415	1 754

Source : *Oil World*.

Les perspectives sont incertaines. Tout d'abord la sécheresse, qui a véritablement débuté en janvier 1997, a porté le déficit cumulé des précipitations de janvier à octobre 1997 aux Philippines à un nouveau record : 80 % seulement des précipitations normales ont été constatées sur la période. L'effet sur les rendements est attendu entre 13 et 15 mois plus tard, ce qui place l'année 1998 sous de sombres auspices. L'incertitude est ensuite renforcée par celle qui entoure l'évolution de la situation politique en Indonésie. L'embargo sur les exportations d'huile de palme, décrété par le gouvernement de ce pays, devrait inciter les exportateurs d'huile de coprah à se tourner vers le marché mondial tant que les prix nationaux de l'huile de palme restent élevés. Enfin, l'évolution du pouvoir d'achat des pays consommateurs est à surveiller de près. La crise asiatique épargne certes l'Europe et les Etats-Unis, premiers importateurs, mais la consommation finale n'est plus seulement européenne et américaine : la vigueur future prêtée aux marchés de l'Est et du Sud-Est asiatique de la savonnerie et de l'oléochimie a nourri jusqu'à présent l'optimisme du marché.

Programme cocotier

Les années 1996 et 1997 ont été marquées par d'importantes modifications du dispositif du programme : arrêt de certains projets, avec comme conséquence le retrait de quelques chercheurs expatriés (Philippines, Vanuatu, Indonésie, Fidji), mais aussi démarrage de projets nouveaux (Inco-piégeage olfactif, Rsup en Indonésie). Dans le même temps, les collaborations internationales se sont renforcées, notamment grâce à une participation active au réseau Cogent et au fonctionnement d'organismes fédérateurs (tel Burotrop), ou encore au travers des coopérations liées à l'exécution de projets communs (Std, Inco, Ipgri).

Le programme cocotier du Cirad-cp a continué à bénéficier d'une réputation d'institution de référence pour cette culture, ce qui lui a valu de nombreuses demandes d'expertise et d'assistance technique. Ces activités de développement lui ont permis de maintenir sa bonne connaissance de la filière et l'ont aidé à identifier la demande émanant tant des pays producteurs que des utilisateurs des pays importateurs.

Les activités du programme cocotier sont organisées en six projets. Dans certains projets, des opérations ont été interrompues, mais d'autres ont été mises en place. Globalement, le volume d'activité scientifique s'est maintenu. Les faits saillants de chaque projet sont les suivants :

Projet 1 : Evaluation de la variabilité génétique du cocotier et création de variétés adaptées à divers environnements

Les années 1996 et 1997 ont été très riches pour ce projet, notamment sur le plan de la consolidation du rôle central du Cirad dans le réseau Cogent. La base de données sur les ressources génétiques du cocotier (Cgrd) a été enrichie et améliorée, la standardisation des procédures d'évaluation et de gestion des écotypes en collection a été assurée grâce à l'édition du manuel Stantech et le logiciel Cdm a été conçu pour l'exploitation statistique des données. Les progrès réalisés en biologie moléculaire ont permis d'affiner l'identification des différents écotypes de cocotier, qui peuvent être rattachés aujourd'hui à six groupes génétiques distincts. En culture *in vitro*, le projet Std3 a été l'occasion de diffuser largement le protocole Orstom-Cirad, qui est devenu la référence internationale en matière d'embryogenèse somatique du cocotier.

Projets 2 et 3 : Etude de l'agrosystème cocotier et de son fonctionnement. Fonctionnement et évaluation des associations à base cocotier

Les deux projets sont très étroitement liés, car réalisés souvent par les mêmes équipes sur des dispositifs de terrain communs. Le projet Std3 s'est achevé en 1997, mais a pu être prolongé par l'Atp 10/96. Les études sur la sécheresse ont confirmé le rôle central de l'ion Cl^- dans les mécanismes d'adaptation au stress hydrique. Le phénomène s'accompagne également d'un renforcement de la croissance racinaire et d'une résistance membranaire accrue. Les études architecturales ont abouti à l'élaboration de modèles de représentation de la partie aérienne et du système racinaire qui sont actuellement testés grâce aux essais menés en culture pure (synthèse carbonée) et en association (transmission de la lumière, compétition racinaire). Les études écophysiologiques ont porté essentiellement sur l'assimilation photosynthétique, la répartition des assimilats entre sources et puits et le fonctionnement des cultures associées au cocotier. Une partie des résultats acquis dans ces différents domaines a fait l'objet d'une transcription économique qui reste à valider en terme d'aide à la décision.

Projet 4 : Mise au point de systèmes de culture et d'exploitation du cocotier adaptés à l'environnement

Ce projet comporte trois volets couvrant les principales composantes de l'itinéraire technique. Les travaux de création, expérimentation variétale, production et diffusion de matériel amélioré se sont poursuivis : en Côte d'Ivoire, le géniteur local Goa a été amélioré, permettant d'augmenter le rendement des hybrides qui en sont issus ; des croisements précoces et productifs ont été obtenus à partir de Grands non africains ; au Vanuatu, l'amélioration des hybrides résistants au dépérissement foliaire se poursuit, tandis que le comportement de 33 hybrides Nain x Grand est étudié dans le cadre du projet régional Pdicc ; en Papouasie-Nouvelle-Guinée enfin, 55 hybrides Nain x Grand local sont comparés. En protection des cultures, les recherches sur le piégeage olfactif des insectes ravageurs du cocotier ont été relancées par le démarrage d'un projet Inco associant le Cirad, l'Inra de Versailles, le Ccri en Papouasie-Nouvelle-Guinée et l'Iopri en Indonésie. Ce projet vise à développer le piégeage de masse des ravageurs (*Scapanes*, *Rhynchophorus* et *Oryctes*), solution plus respectueuse de l'environnement que la voie chimique. En agronomie, les travaux ont essentiellement porté sur l'intégration du chlore dans les barèmes de fertilisation et l'optimisation de ces derniers.

Projets 5 et 6 : Mise en valeur des tourbes pour la culture du cocotier.

Epidémiologie et contrôle des maladies à *Phytophthora* du cocotier.

Les projets 5 et 6 ont été annulés en 1993.

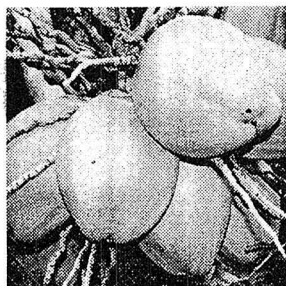
Projet 7 : Prévention des risques de disparition des cocoteraies liés aux dépérissements létaux endémiques

Les recherches sur le jaunissement mortel se sont poursuivies au Ghana. Les essais d'infestation artificielle par introduction d'insectes porteurs dans des cages *insect-proof* ont bien permis de reproduire les symptômes de la maladie, mais sans qu'aucune évolution fatale n'ait pu être observée. Les travaux sur le *hartrot* (maladie à trypanosomes) ont porté sur la

culture *in vitro* des agents pathogènes et la caractérisation des isolats collectés. Les maladies à *Phytophthora* ont fait l'objet d'études épidémiologiques, visant à préciser les conditions de transmission via les insectes vecteurs. Le projet s'est enfin attaché à l'étude des maladies virales (*cadang-cadang*) ainsi qu'à l'élucidation de la question des molécules de type viroïde. Sur ce dernier aspect, les résultats obtenus ont été suffisamment rassurants pour qu'on puisse recommander une libéralisation des échanges de matériel végétal dans la zone concernée (Asie du Sud-Est et Pacifique).

Projet 8 : Valorisation des produits du cocotier

Après une première phase visant à la compréhension des phénomènes liés au séchage, les travaux sur la friture de l'amande de coco se sont orientés vers l'exploitation du procédé. En collaboration avec l'équipe du Gta du Cirad-sar, deux unités pilotes ont été conçues pour l'application de la technologie aux échelles villageoise et industrielle. Le test à Montpellier de l'unité villageoise a été l'occasion de valider le procédé aux niveaux des performances techniques et de la qualité des produits obtenus. Le programme s'est également investi dans la mise au point de technologies d'extraction de crème de coco, en collaboration avec des constructeurs d'équipements. En matière de lipotechnie et de seconde transformation de l'huile, les recherches ont essentiellement porté sur la production de triglycérides à chaînes moyennes par biocatalyse dirigée et sur la caractérisation de l'huile de coco pour optimiser son utilisation comme huile-carburant dans les moteurs Diesel (collaboration avec l'équipe bio-énergie du Cirad-sar).



Evaluation de la variabilité génétique du cocotier et création de variétés adaptées à divers environnements

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

J.M. Noiret, responsable ;

L. Baudouin, F. Bonnot, R. Bourdeix, G. Duhamel, H. De Franqueville, J.P. Labouisse, P. Lebrun, J. Ollivier, A. Rival et J.L. Verdeil.

Partenaires : Max Planck Institut et université de Hanovre (Allemagne), Y.P. N'cho (Idefor-Dpo, Côte d'Ivoire), Orstom et université Paris VI (France), Balitka (Indonésie), Cib (Jamaïque), Cicy (Mexique), T. Ovasuru et M. Fauré (Ccric, Papouasie-Nouvelle-Guinée), Pca (Philippines), Ipgri-Fao (Rome et Singapour), Wye College (Royaume Uni), réseau Cogent (Singapour), Carfv (Vanuatu).

Ce projet s'articule autour de trois thèmes principaux :

- gestion des ressources génétiques ;
- approche biomoléculaire de la variabilité génétique ;
- multiplication végétative par embryogenèse somatique.

Gestion des ressources génétiques

La préservation et l'étude de la variabilité génétique constituent la base du programme d'amélioration du cocotier au Cirad-cp. Ce programme s'appuie sur l'ensemble des collections régionales du Cogent (Côte d'Ivoire, Indonésie, Papouasie-Nouvelle-Guinée) ainsi que sur la collection établie au Vanuatu.

Une base de données, le Coconut Genetic Resource Database (Cgrd), conçue par le Cirad-cp dans le cadre du réseau Cogent, permet le partage des informations de base entre toutes les collections de cocotier. En fin 1997, cette base totalise 936 acquisitions réparties dans 20 sites et 17 pays.

Le manuel Stantech qui vise à standardiser les techniques d'amélioration du cocotier, en priorité celles concernant la gestion et l'évaluation des écotypes préservés dans les collections nationales, a été finalisé. En outre, le stockage et l'exploitation statistique des données recueillies dans les collections ont justifié la mise au point du logiciel *Coconut Data Management*, complémentaire du Cgrd et qui facilite l'entrée des données dans la base.

En coordination avec le réseau Cogent, les sélectionneurs du Cirad-cp ont participé activement à des séminaires sur l'utilisation du manuel Stantech (Jamaïque, Côte d'Ivoire et Vanuatu) et apporté leur appui technique aux responsables des collections et des programmes d'amélioration (Vanuatu, Papouasie-Nouvelle-Guinée, Inde, Sri-Lanka et Tanzanie).

Approche biomoléculaire de la variabilité génétique

La technique Rflp a permis, à partir d'ADN foliaire, d'identifier 50 à 60 bandes polymorphes ou marqueurs et de distinguer 6 groupes génétiques parmi les écotypes de cocotier : Asie du Sud-Est-Pacifique, Indo-Atlantique, Afrique de l'Est-Andaman, Panama, Nains autogames et Nain Niu Leka. Le premier groupe correspond vraisemblablement à l'aire d'origine de l'espèce à partir de laquelle elle se serait disséminée. Une diversification très ancienne se serait produite dans la péninsule Indienne. Celle des nains autogames, très conditionnée par l'action de l'homme, est ensuite apparue dans l'aire originelle et celle du Niu Leka, plus tardive, en Polynésie occidentale (figure 1).

Issues du premier groupe, les populations du Panama ont un profil moléculaire très caractéristique. Ainsi, des deux introductions de Côte d'Ivoire (Aguadulce et Monagre), la seconde est très proche d'une introduction faite en Jamaïque. En revanche, Aguadulce, bien qu'elle soit phénotypiquement indiscernable de Monagre, se distingue des deux autres, probablement en raison de la présence d'environ 10 % de gènes hérités du Grand Jamaïque.

Cette approche biomoléculaire (Rflp) a permis d'approcher l'identification des écotypes, d'amorcer l'étude des relations entre distance génétique et hétérosis et d'améliorer la gestion des ressources génétiques.

Multiplication végétative par embryogenèse somatique

Le projet Std 3 regroupant l'Orstom (coordinateur), le Cirad, l'Idefor (Côte d'Ivoire), le Pca (Philippines), le Wye College (Grande Bretagne), le Cicy (Mexique) et l'université de Hanovre (Allemagne) se poursuivra jusqu'en juin 1998. Après 3 ans d'intenses recherches en étroite collaboration, un nombre appréciable de ger-

minations d'embryons somatiques complets a été obtenu. Le cocotier reste une plante très « récalcitrante » à la culture *in vitro* et, jusqu'à présent, l'absence d'une phase de multiplication active limite très fortement le rendement des prélèvements. Une meilleure connaissance de la physiologie des plantules, notamment à l'approche et au cours de la phase d'acclimatation, sera nécessaire pour résoudre les sérieux problèmes de croissance constatés.

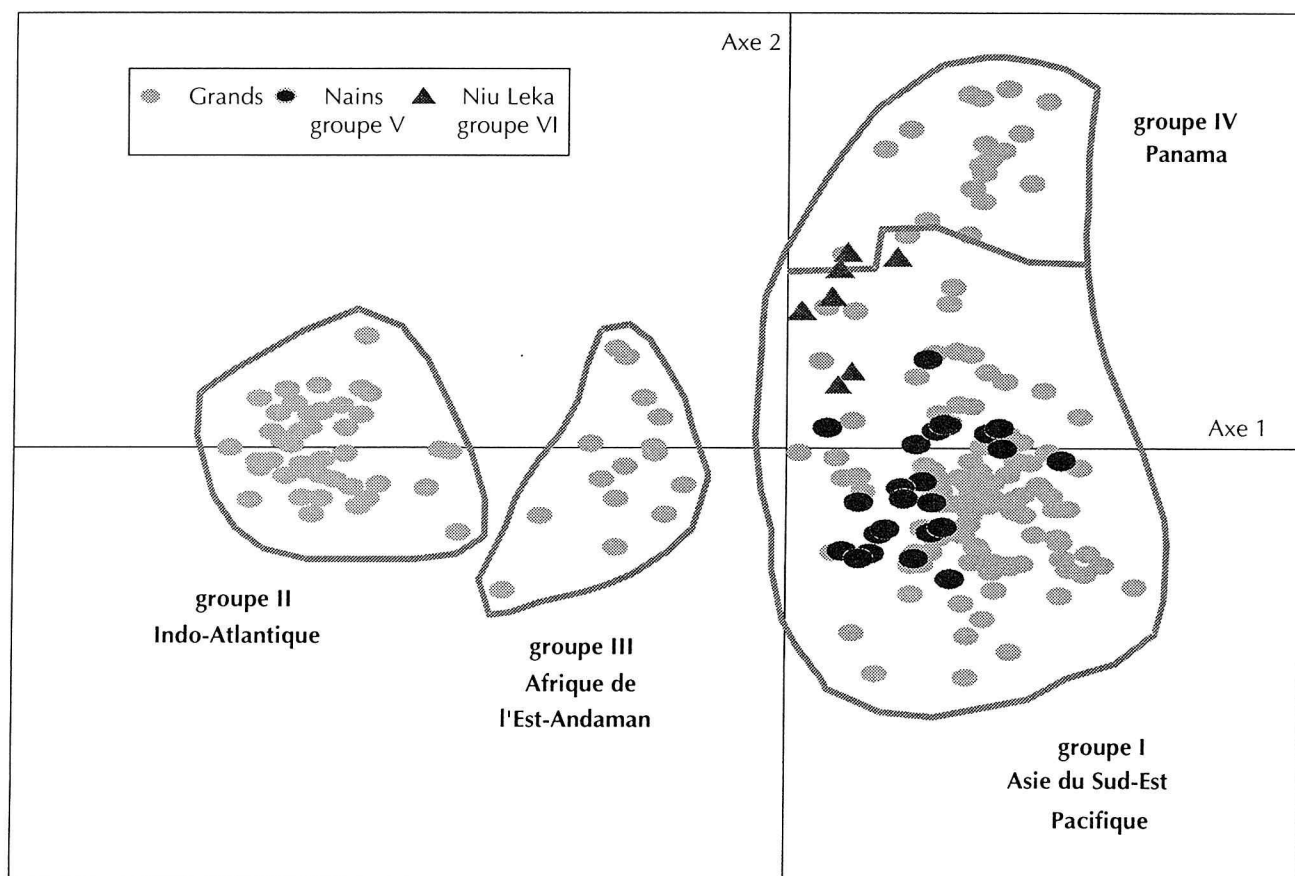
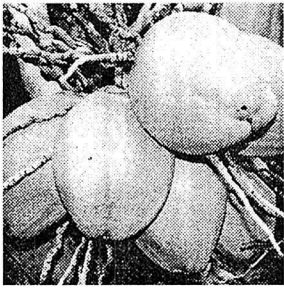


Figure 1. Représentation synthétique de la diversité génétique du cocotier ; premier plan d'une analyse factorielle des correspondances.



Etude de l'agrosystème du cocotier et de son fonctionnement

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

C. Daniel, responsable ;

S. Braconnier, H. Colas et S. Mouchet.

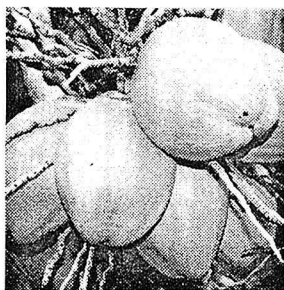
Partenaires : PT Multi Agro (Indonésie) et Carfv (Vanuatu).

Ce projet ne comprend qu'une seule opération : étude de l'alimentation en eau du cocotier et des mécanismes d'adaptation à la sécheresse.

En condition de stress hydrique, le cocotier réagit en fermant plus ou moins complètement les stomates, réduisant ainsi la transpiration et l'assimilation chlorophyllienne. Il y a mobilisation des réserves pour suppléer le déficit photosynthétique et contribuer à l'ajustement osmotique. On constate aussi une répartition des assimilats qui favorise un bon développement racinaire, parfois au détriment de la production de noix. Enfin, une résistance

membranaire impliquant une intégrité fonctionnelle des composants lipidiques de ces membranes se manifeste.

Les teneurs en lipides, essentiellement les galactolipides, diminuent. La faible activité d'une lipase impliquée dans la dégradation des galactolipides membranaires signifierait les gènes qui supporteraient le mieux le stress hydrique. Par ailleurs, en saison sèche uniquement, la carence en chlore entraîne chez le cocotier une diminution des échanges gazeux foliaires, de la conductance stomatique, donc de l'assimilation nette et de la transpiration. En conséquence, il semble qu'en saison sèche l'ion Cl^- , si la nutrition chlorée est suffisante, permet au cocotier d'ouvrir plus largement et pour une durée plus longue ses stomates, favorisant ainsi une meilleure assimilation nette, d'où une alimentation carbonée supérieure à celle d'un plant carencé en cet élément.



Fonctionnement et évaluation des associations à base cocotier

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

S. Braconnier, responsable ;

C. Daniel, H. Colas, J.F. Julia, C. Jourdan, S. Mouchet ;
en collaboration avec J. Dauzat, H. Rey et I. Miallet
(Cirad-gerdat-amap)

Partenaires : PT Multi Agro (Indonésie), Pca et Pcarrrd
(Philippines), Nri (Royaume Uni), Arim (Tanzanie)
et Carfv (Vanuatu).

Ce projet fédère six approches thématiques :

- fonctionnement du cocotier sous diverses conditions ;
- répartition des assimilats entre sources et puits ;
- modélisation architecturale du cocotier et du cacaoyer ;
- fonctionnement des cultures associées au cocotier ;
- bilan hydrique d'une cocoteraie ;
- transcriptions économiques des résultats.

Fonctionnement du cocotier sous diverses conditions

Photosynthèse

Sur l'hybride NRV x GVT âgé de 7 ans, l'activité biosynthétique maximale se situe à 17 $\mu\text{moles CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ et les feuilles les plus efficaces se trouvent entre les rangs 6 et 14. L'activité décline sur les feuilles plus âgées (60 % sur rang 24). La relation entre la photosynthèse et le Par (rayonnement photosynthétiquement utile) est hyperbolique sur le cocotier avec un point de compensation à 56 $\mu\text{moles} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ et un plateau à partir de 1100 $\mu\text{moles} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$. Cette relation sera progressivement intégrée au modèle de simulation de production du cocotier. Par ailleurs, certaines déficiences minérales, le chlore notamment, ont un effet dépressif sur la photosynthèse (voir projet 2). La courbe de saturation de la photosynthèse par le gaz carbonique a été obtenue, et les premières mesures d'intensité respiratoire ont été

réalisées sur le stipe et les feuilles. Ces mesures, qui restent à confirmer, sont respectivement de l'ordre de 40 $\mu\text{g CH}_2\text{O} \cdot \text{kg matière sèche}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$ et 0,64 $\mu\text{mole} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

Répartition des assimilats entre sources et puits

L'Atp n° 10/96 (développement d'un modèle physiologique intégrant la dimension architecturale des plantes pour simulation de la croissance et de la production du palmier à huile et du cocotier) comprend l'étude des réponses de l'arbre lorsqu'on modifie les forces de puits et/ou de sources. En l'occurrence, il s'agit d'analyser les effets de l'élagage des feuilles, de l'ablation des régimes et du sectionnement des racines. Les travaux ont commencé en janvier 1996 au Vanuatu et en mai 1997 aux Philippines. Au Vanuatu, les résultats sur NRV x GVT sont observés au bout de 18 mois.

- En cas d'ablation totale ou très importante des futurs régimes, il y a rapide augmentation du nombre de fleurs (qui décuple pour les fleurs femelles et s'accroît de 80 % pour les fleurs mâles). Les taux de nouaison sur les régimes épargnés des cocotiers avec ablation sont moindres que sur le témoin, mais il reste un très grand nombre de noix par régime avec une taille réduite. Si on ne laisse évoluer qu'un petit nombre de noix sur ces mêmes régimes, leur taille sera, au contraire, très supérieure à celle des noix du témoin sans ablation.

- En cas d'élagage (réduction des sources de glucides), il y a diminution du nombre de fleurs et aussi du pourcentage de nouaison. La production de noix mûres est réduite de 50 %. Les feuilles épargnées sur arbres élagués augmentent leurs échanges gazeux (+ 9 % de conductance et + 12 % de photosynthèse) mais leur transpiration reste stable.

Modélisation architecturale

Partie aérienne du cocotier

De nombreuses mensurations faites sur GOA x GRL, NRV, GVT, NRV x GVT et Grand Laguna ont permis la création de maquettes informatiques tridimensionnelles. Ces scènes peuvent être utilisées pour simuler les transferts radiatifs à travers le couvert de cocotiers selon les âges, les dispositifs de plantation et les densités. La validation par mesure directe de transfert radiatif sur le terrain n'a pu être faite, à ce jour, que sur le Grand Laguna.

Partie aérienne du cacaoyer

Certains paramètres varient de la culture pure à l'association (longueurs et diamètres des troncs et branches plagiotropes, précocité de mise en place d'un premier niveau de couronne), alors que d'autres sont stables (nombre d'unités de croissance et d'autres noeuds par unité de croissance du tronc, nombre de branches plagiotropes du premier niveau...). Les maquettes numériques ont été constituées pour générer des scènes informatiques de l'association avec le cocotier (figure 1).

Systèmes racinaires

L'architecture et le développement des systèmes racinaires du caoyer et du cocotier en cultures pures ou associées ont été étudiés. L'outil de modélisation et de simulation des plantes de l'Amap a permis l'obtention de maquettes numériques tridimensionnelles

pour cocotier et cacaoyer (figure 2). On estime que le cocotier émet 33 % de racines primaires verticales descendantes et 67 % d'horizontales (contre 43 et 57 % chez le palmier). L'horizon 10-20 cm est totalement colonisé par ces racines, mais il y a moins de chevelu racinaire en surface que pour le palmier. Le sectionnement des racines primaires loin de l'apex provoque peu de réitérations, mais stimule l'émission de nouvelles racines primaires. Pour un plateau racinaire de surface constante, le nombre de racines primaires passe de 8 000 à 22 ans à 10 000 à 29 ans et serait alors de 11 500 dans le cas d'une association avec le cacaoyer.

L'interaction physique des deux systèmes racinaires ne provoque aucune modification moyenne de leur architecture respective ni de leur croissance. Les systèmes racinaires cohabitent sans contrainte ni allopathie. Cependant, en Indonésie, le creusement de tranchées entre cocotiers et cacaoyers améliore la survie et la croissance des jeunes cacaoyers lors de fortes sécheresses.

Fonctionnement des cultures associées au cocotier

Cacaoyer

L'assimilation nette maximale du cacaoyer correspond à un rayonnement relativement bas ($Par = 500 \mu\text{moles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$). L'ombrage augmente la taille des feuilles et diminue la masse surfacique moyenne. La répartition de la matière sèche reste sensiblement constante entre parties aériennes et racines (respectivement 4/5 et 1/5) indépendamment de l'âge et de la variété.

Les mesures de biomasse ont montré que la production du cacaoyer ne semblait pas en rapport avec la vigueur des hybrides. Le premier facteur limitant la production du cacaoyer n'est pas encore identifié dans les conditions du Vanuatu.

Cultures annuelles

Aux Philippines, plusieurs essais ont été mis en place pour étudier la culture, sous divers ombrages aménagés de cocotier, de l'ambérique, du maïs, de la patate douce et accessoirement d'autres légumineuses ou solanées. Chaque culture, en dehors de la patate douce, a reçu la fumure standard requise, tandis que les cocotiers recevaient une fumure appropriée. Un labour croisé a précédé la mise en place de chaque campagne de plantes associées. Après plusieurs cycles de cultures il apparaît que, dans des conditions de fertilité et de pluviométrie satisfaisantes, le rayonnement



Figure 1. Association cocotiers (âgés de 6 ans) - cacaoyers (âgés de 2 ans). Vue des parties aériennes.

photosynthétiquement utile constitue le premier facteur limitant de toutes les cultures annuelles étudiées en intercalaire du cocotier (croissance, développement, production). Les relations entre Par et production sont linéaires et expliquent plus de 90 % de la variation sur les résultats globaux. On pourrait donc prévoir les productions de ces cultures en fonction de la quantité de lumière transmise par la canopée, dans les mêmes conditions favorables de culture.

Au vu des rendements obtenus, seul, parmi les plantes étudiées, le maïs hybride semble pouvoir constituer une bonne spéculation.

Des essais complémentaires sous divers degrés d'ombrage artificiel sont également en cours depuis 1996. Ils ont confirmé sur maïs le rôle prépondérant du Par.

Tout comme dans un essai conduit au Vanuatu sur terrain fertile et en absence de stress hydrique, l'effet dépressif de la compétition racinaire entre cocotier et maïs sur la production de ce dernier n'a pas pu être mis en évidence. Mais cet effet se manifesterait à coup sûr dans des conditions de fertilisation, de préparation de terrain et de pluviométrie défectueuses.

Bilan hydrique d'une cocoteraie. Cas d'une association avec le cacaoyer

La mesure des flux de sève par la méthode des aiguilles a donné satisfaction pour le cacaoyer mais elle n'est pas encore au point sur cocotier.

A l'âge de 6 ans le cacaoyer consomme 10 l d'eau par jour environ, ce qui est faible. Il n'y a pas de différence significative de consommation hydrique entre culture pure de cacaoyer et association avec le cocotier.

Les mesures de l'état hydrique du sol et de son évolution n'ont pas permis de définir une équation de calibration satisfaisante de la sonde capacitive. Les mesures de tensiométrie et de piézométrie ont permis d'établir des courbes complexes dont l'affinement nécessitera des études complémentaires.

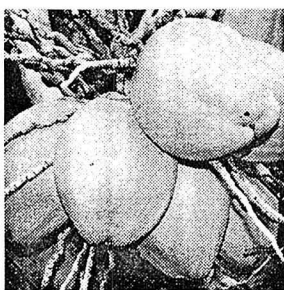
Transcriptions économiques

L'étude économique réalisée par le Nri dans le cadre du Std 3 a permis d'élaborer un modèle d'analyse économique des systèmes de culture à base de cocotier. Celui-ci permet, par la connaissance des paramètres économiques d'un pays (coût du coprah,



Figure 2. Association cocotiers GVT (âgés de 6 ans) et cacaoyers Amelonado (âgés de 2 ans). Vue des parties aériennes et des systèmes racinaires.

de la main-d'oeuvre, des intrants, prix à la vente des produits et sous-produits) et des productions attendues de chacune des deux cultures (chiffres fournis par le modèle de fonctionnement) d'estimer les bénéfices produits par une association donnée. Pour le moment, ces calculs sont effectués sur un tableur, ce qui ne permet pas l'intégration de ce modèle dans un module économique que l'on pourrait inclure dans un modèle général de fonctionnement de l'agro-système à base de cocotiers.



Mise au point de systèmes de culture et d'exploitation du cocotier adaptés à l'environnement

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

F. Rognon, responsable ;

L. Beaudoin-Ollivier, X. Bonneau, R. Bourdeix, R. Bourgoing, D. Boutin, C. Daniel, H. De Franqueville, J.P. Morin, J.M. Thévenin, O. Trocmé et W. Wuidart.

Partenaires : Aiea (Autriche), Inia (Espagne), Station de Seme Podji (Inrab, Bénin), Embrapa et Frutop (Brésil), Cenipalma (Colombie), Idefor-Dpo (Côte d'Ivoire), Centre de Koronivia (Fidji), Iopri, Multi Agro et Rsup (Indonésie), Inra (France), Pdicc (Pacifique), Ccri (Papouasie-Nouvelle-Guinée) et Carfv (Vanuatu).

Ce projet comporte trois principaux volets :

- création et expérimentation variétales, production et diffusion de matériel végétal amélioré ;
- protection des cultures (piégeage olfactif des ravageurs) ;
- agronomie, itinéraires techniques.

Création et expérimentation variétales, production et diffusion de matériel végétal amélioré

Côte d'Ivoire

C'est assez récemment qu'on a mis en évidence des croisements aussi productifs au jeune âge et à l'âge adulte que le PB 121 (Nain Jaune Malais x Grand Ouest Africain). Parmi les hybrides précoces, il faut aussi citer NJM x GTG, NRC x GRT et les croisements avec la variété Grand Micro-laccadive (Inde). Le Nain Brun Madang de Papouasie-Nouvelle-Guinée s'avère, en revanche, décevant dans les tests d'aptitude générale à la combinaison. Les records de production à l'âge adulte reviennent aux croisements Nain Jaune et Nain Rouge de Malaisie avec le Grand de Tagnanan.

Les meilleurs hybrides détectés sont améliorés par sélection des géniteurs selon la valeur de leur descendance en famille de demi-frères. Ces mêmes géniteurs Grand sélectionnés sont multipliés par autoféconda-

tion pour permettre une production de semences à plus grande échelle GOA, GRL (Rennell), GPY (Polynésie) et GVT (Vanuatu).

Dans les essais d'aptitude individuelle à la combinaison, les testeurs sont le NJM, le NRM, le NRC et le GOA. La sélection du géniteur GOA permet d'accroître le rendement de ses hybrides de 10 à 30 %.

La production de semences de NJM x GOA et NRC x GRL pour Palmindustrie est en reprise et devrait atteindre prochainement 400 000 noix/an, soit de quoi planter 1500 ha. En 1996, près de 21000 semences de ces mêmes hybrides ont été livrées à des planteurs guinéens. La station fournit également du pollen de GVT au Ghana (production d'hybrides présumés résistants au dépérissement mortel) et du pollen de Grand de Panama au Nicaragua.

Vanuatu

Dans le cadre du programme Pdicc (*Production and Dissemination of Improved Coconut Cultivars*) le programme d'amélioration étudie 33 hybrides Nain x Grand et 6 hybrides Grand de Rennell x Grand dans 8 essais plantés à partir de 1992 sur plus de 50 ha. Le dispositif est entièrement mis en place, à l'exception du dernier essai consacré aux hybrides Grand x Grand (GC 28).

L'amélioration des hybrides tolérants au dépérissement foliaire du cocotier (Dfc) GVT x GRL et NRV x GVT se poursuit activement dans le cadre des essais d'aptitude individuelle à la combinaison GC 14 et GC 16. Dans le GC 29 en préparation, on complétera la sélection récurrente réciproque en croisant les géniteurs d'élite GVT par des individus GRL issus de lignées résistantes au Dfc.

La demande en semences d'élite est très modeste depuis la fin du Kdp (*Kokonas Development Project*). De nouveaux petits champs semenciers constitués de GVT améliorés seront établis pour la production de matériel GVT, Nain x GVT et Grand x GVT.

Papouasie-Nouvelle-Guinée

Avec la mise en place en cours d'un cinquième essai, le 705, on atteindra 55 hybrides Nain x Grand étudiés

en tests d'aptitude générale à la combinaison. Les écotypes Nain utilisés sont le Nain de Madang (NBN), le NRM et le NJM. L'hybride NRM x GRL sert de témoin à tous les essais.

La production de semences (NRM, NJM, et NBN croisés par GRL) a atteint 19 000 (de quoi planter 70 ha) en 1997 et elle devrait être triplée en 1998, ce qui permettra de commencer à diffuser ce matériel chez les planteurs.

Protection des cultures

Piégeage olfactif contre coléoptères ravageurs du cocotier et du palmier

Depuis 1993, notre coopération avec l'équipe des médiateurs chimiques de l'Inra se poursuit pour la mise au point du piégeage du *Curculionidae Rhynchophorus palmarum* et des *Dynastidae Oryctes rhinoceros* et *Scapanes australis*.

En Guyane, les études ont permis la mise au point d'un attractif de *R. palmarum* entièrement synthétique. L'attractivité des composés allélochimiques s'est avérée être, en présence de phéromone, aussi efficace que celle de la canne à sucre dans un essai et moindre que celle de morceaux du palmier *Bactris* dans un autre. L'expérimentation est à poursuivre.

Sur *O. rhinoceros*, le composé majoritaire de la phéromone (4-méthyl-octanoate d'éthyle) a été identifié à partir d'insectes reçus d'Indonésie et des Philippines. Ce résultat a été confirmé sur le terrain en collaboration avec le centre Iopri de Marihat. Ce composé est identique à celui de la phéromone de *O. monoceros*. Des diffuseurs renfermant cet attractif ont été testés au Ghana, avec peu de succès. Leur perfectionnement est à l'étude.

Sur *S. australis*, les recherches réalisées avec le Ccri de Papouasie-Nouvelle-Guinée, où une entomologiste du Cirad est en poste, se concentrent sur une sécrétion produite par les mâles dans une position d'appel en début de nuit.

Une mission d'étude auprès du Ccri a été réalisée en novembre et décembre 1997. L'objectif était de confirmer les observations antérieures sur le comportement des mâles et des femelles de *S. australis*, de mettre en place des essais permettant de démontrer l'existence d'une communication chimique à distance et de prélever des échantillons pour isoler les composés chimiques actifs. Ces travaux visent à identifier une phéromone qui pourrait être utilisée comme attractif en piégeage. Les résultats, en cours d'analyse, sont très prometteurs.

Un projet Inco intitulé *New technology on pest management against insect pests of oil palm and coco-*

nut crops : research and development of selective trapping using synthetic attractants a été accepté en avril 1997. Il associe 3 partenaires du Sud (Cenipalma en Colombie, Ccri en Papouasie-Nouvelle-Guinée, Iopri en Indonésie) et 3 organismes européens (Cirad et Inra en France, Inia en Espagne) avec 2 Pme (Egno-chimie, Agrisense-bcs Ltd).

Ce projet vise à développer le piégeage de masse des *Dynastidae* et *Curculionidae* sévissant en Amérique latine, en Asie du Sud-Est et dans le Pacifique. Le contrôle de ces ravageurs est d'autant plus difficile que l'intensification des cultures et les replantations se poursuivent, alors que l'usage des pesticides est plus strictement réglementé.

Les recherches sur les composés attractifs phéromonaux et allélochimiques et sur la mise au point de systèmes de diffusion et de pièges efficaces seront ainsi poursuivies. Un séminaire s'est tenu en octobre 1997, à l'Inra de Versailles, pour convenir du programme de travail de la première année du projet (missions et stages de différents participants).

Agronomie, itinéraires techniques

Indonésie

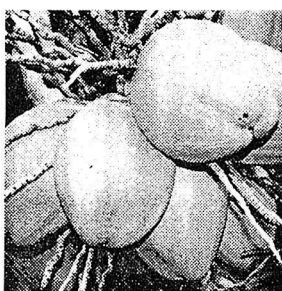
La carence en chlore y constitue de très loin le premier facteur non climatique limitant de la croissance et de la production des cocotiers. Les apports de NaCl, à tous les âges de la culture depuis la pépinière, améliorent significativement le développement végétatif, l'entrée en floraison, la circulation de sève, la résistance aux stress hydriques, le niveau et la stabilité des productions de fruits, la taille et la teneur en amande de ces derniers, voire la résistance à l'helminthosporiose (maladie fongique) et à la chenille des inflorescences *Tirathaba rufivena*. En absence de toute carence native en potassium, l'ion Na^+ apporté par le NaCl peut, dans une certaine mesure, se substituer sans inconvénient à l'ion K^+ , voire corriger indirectement une carence en magnésium. Le NaCl, dont le prix, rapporté à l'unité fertilisante, est 5 à 6 fois moindre que celui du KCl est donc, jusqu'à stabilisation des niveaux de chlore à 0,5 % - 0,7 % avec maintien des niveaux de potassium, le fertilisant idéal des cocoteraies indonésiennes. Remarquablement absorbé par les racines, son action est rapide, il ne provoque aucune alcalinisation du sol et épargne les cultures intercalaires aux doses recommandées en applications localisées à 2 m autour des cocotiers.

Dans une expérience conduite à MultiAgro (Indonésie), l'apport de gypse comme amendement continue, 8 ans après application, à avoir un effet

positif inexpliqué sur la production de noix par arbre alors que les niveaux en K, Cl, Ca, Mg restent bons.

La reprise récente de notre coopération avec Riau Sakti United Plantation (Rsup) a permis la relance des études en nutrition minérale et en entomologie sur les 18 000 ha plantés en PB 121. Les barèmes de fumure

élaborés dans le passé pour pallier les risques de carences en N, P, K, Cu, Fe, B pourront être ajustés. En 1997, les problèmes de développement racinaire aggravés par des attaques de *Sufutela* ont été à l'origine de plusieurs missions d'agents du Cirad en agronomie et en entomologie.



Prévention des risques de disparition des cocoteraies liés aux dépérissements létaux endémiques

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

M. Dollet, responsable ;

H. De Franqueville, E. Muller, B. Perthuis et R. Philippe.

Partenaires : Wari (Australie), Institut tropical de Bruxelles et Université de Louvain-la-Neuve (Belgique), Idefor-dpo (Côte d'Ivoire), université de Grenade (Espagne), Inra Bordeaux et université Bordeaux II (France), Minagri (Ghana), Pca (Philippines), université de Liverpool (Royaume-Uni), Carfv (Vanuatu) et Fonaïap (Venezuela).

Ce projet 7 comporte trois volets :

- vecteurs du jaunissement mortel au Ghana ;
- maladies à trypanosomes ;
- viroïde du *cadang-cadang* et statut des molécules de type viroïde chez le cocotier.

Homoptères vecteurs potentiels du jaunissement mortel au Ghana

Commencée en 1992 sur un financement Banque mondiale, l'étude s'est poursuivie dans le cadre d'un Std 3 sur les mycoplasmes du cocotier. Le *Cixiidae* *Myndus adiopodoumeensis* a constitué le premier suspect de la vécion de la maladie. Son site de ponte et refuge larvaire est le plateau radiculaire de *Panicum maximum* et de quelques autres graminées. Son degré d'infestation semble parfois en rapport avec la virulence de la maladie. Les introductions massives de cet insecte en cages *insect-proof* ont permis d'observer des cas présentant les symptômes de la maladie, mais sans évolution fatale. Avec d'autres homoptères également testés, il n'y a pas eu le moindre symptôme de maladie jusqu'à présent. La rareté de *M. adiopodoumeensis* dans une région très affectée laisse à penser qu'il n'est peut-être pas le seul vecteur.

Maladies à trypanosomes

Généralités

Le *hartrot* du cocotier et la *marchitez* du palmier sont des dépérissements subits endémiques observés en Amérique du Sud et associés à la présence de trypanosomes (*Phytomonas*). Des punaises *Ochlerinae*, *Pentatomidae* (plusieurs *Lincus* et, semble-t-il, un *Ochlerus*) propagent la maladie.

Culture *in vitro* de trypanosomes

L'unité de recherche commune virologie du Cirad-cp a considérablement augmenté sa collection d'isolats de trypanosomatides associés aux dépérissements subits des oléagineux tropicaux pérennes d'Amérique du Sud. Ces nouvelles cultures permettent au laboratoire de pouvoir travailler maintenant sur une trentaine d'isolats intraphloémiques d'Amérique du Sud et des Caraïbes, et de les comparer à une quarantaine d'isolats de plantes adventices.

Le laboratoire de virologie du Cirad-cp est devenu un centre de référence sollicité régulièrement par de nombreuses équipes travaillant sur d'autres trypanosomes, animaux ou humains.

Epidémiologie

Il existe, en plantation, des populations de *Lincus* saines de *Phytomonas*. On connaît, dans certaines zones, des plantes indigènes hôtes de ces insectes (palmiers *Astrocaryum* au Pérou) mais la question des réservoirs d'insectes vecteurs et, surtout, de *Phytomonas*, n'est pas élucidée. Il y a un *Phytomonas* de type *hartrot* sur *Alpinia purpurata* à Grenade et la Musacée *Heliconia* spp. est un hôte de *Lincus* et d'un *Phytomonas* proche de foyers de *hartrot* au Venezuela. En Guyane, une fois apparu un foyer de maladie, la

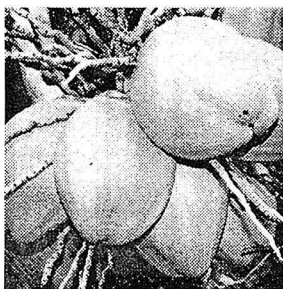
transmission secondaire se ferait par tache, selon une certaine périodicité, et corrélativement aux degrés d'infestation des arbres préalablement atteints. L'existence d'un vecteur initial ou primaire, différent des vecteurs responsables de la propagation des foyers actifs, reste une hypothèse non écartée.

Viroïde du *cadang-cadang* et statut des molécules de type viroïde chez le cocotier

Le laboratoire de virologie du Cirad, qui contestait depuis 1991 la relation entre Vlm (*Viroïd-like molecules*) et syndromes pathologiques, a repris, avec l'aide de l'Ipgri, l'étude systématique de l'hybridation moléculaire avec du germoplasme cocotier provenant d'Asie, du Pacifique, de Guyane et du Mexique. Les résultats se sont avérés dépendre étroitement des

conditions d'extraction des ARN. Même des cocotiers sains élevés en quarantaine à Montpellier peuvent se révéler positifs, selon la technique d'extraction ou la sonde utilisée.

Il n'y a eu aucune identification de Vlm ou Vls (*Viroïd-like sequences*) en hybridation avec des sondes de type *cadang-cadang*. De son côté, aux Philippines, le Pca n'a pas pu purifier des Vls pour les inoculer et tester leurs éventuelles pathogénies. De surcroît, le centre australien du Wari s'est trouvé dans l'impossibilité de purifier et séquencer ces hypothétiques Vls. Ces résultats ont été présentés lors d'un séminaire international, organisé par l'Ipgri et l'Aciair début 1997, pour examiner les schémas d'analyses de la Fao sur les risques pouvant résulter de l'introduction de germoplasmes de cocotier. Tout ceci a conduit la quasi totalité des participants à proposer la modification des *Guidelines for safe movement of coconut germplasms* de la Fao-Ipgri, dans le sens d'une libéralisation des échanges, comme préconisé par le Cirad-cp.



Valorisation des produits du cocotier

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

A. Rouzière, responsable ;

J. Graille, P. Lozano, J.M. Noël, M. Pina, D. Pioch ;

en collaboration avec D. Dijoux, J.C. Dumas, D. Gounelle, C. Marouzé, M. Rivier, D. Thauay et A.L. Wack (Cirad-sar, équipe Gta).

Partenaires : Actini International, Cemagref, Ensia, Gauthier SA, Orstom, service de la répression des fraudes et Sil SA (France), université du Bénin (Bénin), Ciif et Uplb (Philippines).

Ce projet comprend quatre composantes :

- extraction d'huile de coco après séchage par friture ;
- technologies d'extraction de lait et de crème de coco ;
- production de triglycérides à chaînes moyennes ;
- carburants à base d'huile de coco.

Extraction d'huile de coco après séchage par friture

La qualité de l'huile et du tourteau issus de la trituration du coprah ne satisfait pas les utilisateurs, ce qui affaiblit leur position sur le marché et retentit négativement sur la compétitivité de la filière tout entière. Par le passé, de nombreux projets ont été élaborés pour tenter de restaurer la qualité du coprah dont dépend la qualité de l'huile et du tourteau obtenus. Ils ont pratiquement toujours échoué car n'ayant pas suffisamment pris en compte les aspects socio-économiques du contexte de production.

Il y a quelques années, le programme cocotier du Cirad a proposé une voie originale dans laquelle l'huile est directement extraite de l'amande fraîche juste sortie de la noix. Il existe plusieurs façons d'extraire l'huile de coco à partir des noix débouffées. Parmi celles-ci, le procédé de séchage-friture a fait l'objet d'une recherche intensive au cours des 5 dernières années, notamment dans le cadre d'une Atp à laquelle ont collaboré des équipes de technologues des départements Cp, Flhor et Sar du Cirad. Après une phase d'identification, de compréhension et d'évaluation quantitative des phénomènes en jeu, les travaux ont porté sur l'exploitation du procédé et l'évaluation de la qualité des produits obtenus.

L'application du procédé a été envisagée simultanément aux deux échelles d'exploitation, artisanale (en batch) et industrielle (en continu avec mécanisation des opérations). Les résultats d'ordre cognitif obtenus précédemment ont été exploités pour spécifier des unités pilotes de séchage-friture. L'unité villageoise, d'une capacité de production de l'ordre de 40 à 200 kg d'huile par jour, a été dessinée, réalisée et testée au Cirad (figure 1). Une unité de ce type doit être mise en place et testée au Bénin, dans le cadre d'une collaboration Cirad-Cerna-Unb.

A l'échelle industrielle, l'équipe a conçu et spécifié une ligne d'équipements permettant d'adapter une huilerie de coprah classique au nouveau procédé. Cette technologie comporte un atelier d'extraction de l'amande entièrement mécanisé et utilise un sécheur en continu. La validation du procédé et des options techniques retenues doit être réalisée prochainement aux Philippines, en collaboration avec le groupe industriel Ciif, dans le cadre d'un projet pilote d'une capacité d'une tonne/heure d'équivalent coprah.

Par ailleurs, le suivi analytique du produit a démontré que, dans les conditions opératoires recommandées, le séchage-friture permettait bien d'obtenir une huile et un tourteau de première qualité. L'huile

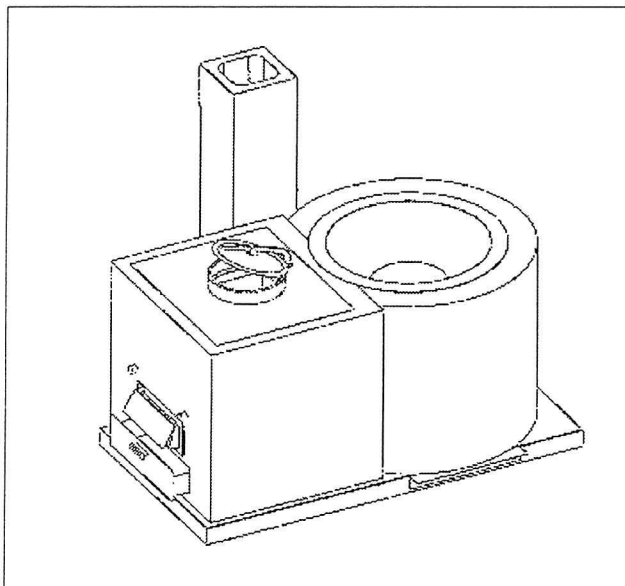


Figure 1. Vue cavalière de l'unité de séchage par friture.

présente moins de 0,5 % d'acidité laurique, moins de 5 % de composés polaires, pratiquement pas de peroxydes et est exempte d'hydrocarbures polycycliques aromatiques. Le tourteau est de couleur claire et ne contient pas d'aflatoxines. Ces résultats ont été présentés lors du congrès sur la friture, tenu à Montpellier du 5 au 7 novembre 1997.

Le transfert vers le développement vient tout juste de commencer. Il devrait permettre d'affiner et d'optimiser l'application du procédé dans un processus itératif de recherche-action. En particulier, il serait intéressant d'utiliser les acquis théoriques dans l'élaboration d'un modèle de fonctionnement pouvant être exploité pour contrôler la conduite du séchage réalisé à l'échelle industrielle (contrôle-commande).

Technologies d'extraction de lait et crème de coco

La transformation des noix de coco fraîches est considérée comme une voie d'avenir pour le cocotier. Elle permettrait d'obtenir une meilleure valorisation de la production que le coprah. L'extraction assistée par les enzymes constitue la seule expérience de l'équipe de chimie-technologie du cocotier (thèse réalisée il y a quelques années à l'université de Marseille). Ce travail a suscité certains espoirs en matière d'extraction de la phase grasse de l'amande de coco et de fabrication de lait et de crème, voire d'huile vierge de coco.

Depuis ces travaux théoriques, l'équipe de technologie des oléagineux a réorienté son approche vers la participation à des projets de développement de technologies de production de lait et crème de coco. Deux partenaires ont été identifiés : le bureau d'ingénierie Gauthier, d'Agropolis, et la société Actini, spécialisée dans les technologies destinées à l'industrie agro-alimentaire.

L'unité Gauthier, rustique, est désormais spécifiée et ses faiblesses initiales corrigées. Sa capacité horaire peut être ajustée entre 100 et 250 litres de lait à 20 % de matière grasse. En recyclant l'amande soumise à un premier pressage, on obtient un rendement d'extraction de matière grasse de l'ordre de 82 %, tout à fait satisfaisant. Le produit est soit pasteurisé et réfrigéré pour commercialisation sous forme de lait frais, soit appertisé en boîtes de 2/4. Il n'est pas prévu de conditionnement Uht.

La chaîne Actini utilise une technologie de séparation centrifuge (décanteur 3 phases). Son efficacité augmente avec la finesse du broyage, ce qui nécessite des appareils plus performants que ceux employés habituellement. Un rendement d'extraction de matière grasse de l'ordre de 85 % a été atteint, ce qui représente le maximum envisageable en travaillant en un seul passage. La crème obtenue est très concentrée, ce

qui permet de la conditionner selon plusieurs présentations en fonction de l'utilisation qui va être faite ultérieurement de la crème ou du lait.

Le développement de ces technologies d'extraction de lait et crème de coco a nécessité la conduite d'un certain nombre d'études d'accompagnement : stabilité de l'émulsion de coco, extraction des protéines natives de l'amande de coco, ou encore étude de l'effet stabilisant de ces protéines après incorporation dans l'émulsion d'huile de coco. Ceci illustre l'intérêt de pouvoir disposer d'une équipe réunissant aussi bien des compétences technologiques que biochimiques (enzymes), physico-chimiques (stabilité des phases dispersées) et enfin microbiologiques. Un tel projet pourrait justifier le montage d'une proposition de recherche intéressante à traiter par une équipe largement pluri-disciplinaire (Atp).

Production de triglycérides à chaînes moyennes

Le travail, conduit à l'occasion du stage d'un chercheur philippin de l'Uplb au laboratoire de lipotechnie, a consisté à inter-estérifier les huiles laurique de coco et oléique de pili pour obtenir le maximum de triglycérides à chaînes moyennes (nombre total de carbones compris entre 40 et 50). Le savoir-faire à acquérir relevait des techniques analytiques classiques (différentes techniques chromatographiques), de méthodologies spécialisées (stéréo-chimie) et des biotechnologies (biocatalyseurs).

Comme prévu, la papaine permet bien de catalyser les échanges d'acides gras entre triglycérides jusqu'à obtention d'un équilibre dépendant de la prévalence des différents acides gras dans le mélange d'huiles aux diverses positions possibles dans la molécule de triglycéride (médiane ou externe). Par rapport à ce qui peut être obtenu avec le lipozyme qui constitue ici la référence en matière d'interestérification, la vitesse de réaction est très ralentie avec la papaine et l'équilibre n'est atteint qu'après une soixantaine d'heures (contre 5 environ avec le lipozyme). En outre, et quel que soit le cas de figure, seulement 20 à 30 % de l'acide laurique de départ peut être transféré vers le substrat à enrichir en chaînes moyennes.

Un travail important reste à accomplir pour transférer le concept initial du laboratoire à l'industrie : test d'autres biocatalyseurs peu coûteux, détermination des conditions optimales de la réaction, recherche et mise au point d'un procédé permettant de déplacer l'équilibre réactionnel (enrichissement du milieu en laurate, ou élimination non destructive des triglycérides à chaînes moyennes recherchés...).

Carburants à base d'huile de coco

L'équipe de lipotechnie a apporté une contribution très intéressante aux études « huile-carburant » menées par le service motorisation du Cirad-sar. En effet, le fait de raffiner une huile brute ne permet pas d'obtenir un produit pur, mais simplement de ramener certaines de ses caractéristiques physiques et chimiques à des niveaux jugés acceptables. Si la composition brute de l'huile permet bien de situer sa valeur énergétique, la présence dans l'huile de certains com-

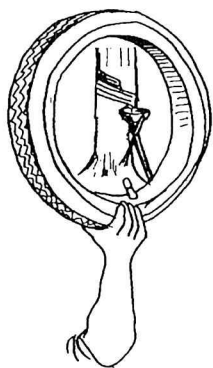
posés plus ou moins tensioactifs peut expliquer la variabilité des résultats obtenus lorsqu'on l'utilise pour alimenter un moteur Diesel.

Notre intervention a pris deux formes : caractérisation des huiles employées comme huile-carburant diesel, et préparation de lots d'huile débarrassés de toute fraction non triglycéridique (élimination de l'insaponifiable et des mono et di-glycérides). L'intégration des réalités chimiques constitue un véritable saut qualitatif dans le domaine d'étude des huiles-carburant, jusqu'ici traité essentiellement sous les aspects thermodynamique et mécanique.

Programme

Hévéa





Introduction

Conjoncture de la filière

La production de caoutchouc naturel, qui de 1994 à 1996 avait progressé à un rythme moyen annuel de 6 %, ne s'est accrue au cours de 1997 que de 0,6 % en raison :

- de la stagnation de la production thaïlandaise qui, en expansion continue depuis 15 ans, pourrait avoir atteint aujourd'hui son apogée et ne plus être en mesure de tenir le rôle déterminant qui a été longtemps le sien dans le maintien de l'équilibre du marché face à l'explosion de la demande des nouveaux pays industrialisés asiatiques ;
- d'un nouveau déclin de la production malaisienne (- 8 %).

Sur un marché des élastomères en croissance continue (la consommation passant de 15,4 millions de tonnes en 1995 à 16,7 millions de tonnes en 1997), cette relative stagnation de la production aurait normalement dû entraîner une remontée rapide des cours, qui, après avoir atteint en 1997 leur niveau le plus haut, étaient entrés en 1996 dans un mouvement de glissade sous la pression des stocks existants. Ces cours ont pourtant continué dans ce mouvement de glissade pour au moins deux raisons :

- en 1997, la consommation en caoutchouc naturel, bien qu'en progression relativement à 1996 (+ 5,4 %) a, cependant, pour la première fois depuis de nombreuses années, progressé moins vite que celle du caoutchouc synthétique (+ 6,5 %) dopée par la reprise économique dans les pays d'Europe de l'Est, où la part du caoutchouc synthétique dans la consommation d'élastomères a toujours été plus élevée qu'ailleurs. Mais aussi par une réaction de substitution dans les industries utilisatrices au profit du synthétique en réponse à la hausse des cours du produit naturel en 1994 et 1995 ;
- au moment où, les stocks excédentaires étant résorbés, une remontée des cours s'amorçait, la crise des monnaies asiatiques a entraîné un retournement de tendance.

Une telle situation montre bien que :

- bien qu'encore techniquement incontournable au plan de nombreuses applications, le caoutchouc naturel doit néanmoins compter à l'avenir avec les capacités excédentaires de production de caoutchoucs synthétiques des pays asiatiques. La part actuelle du caoutchouc naturel et les techniques déjà existantes laissent aux industriels une marge de substitution confortable ;
- la filière doit donc produire plus pour éviter une pénurie ponctuelle en caoutchouc induisant une envolée temporaire des cours qui ne pourrait que hâter le mouvement de substitution ;
- la filière doit donc aussi produire mieux afin de maîtriser ses coûts de production et la variabilité d'un produit qui ne peut que constituer un argument supplémentaire en faveur de la substitution.

Programme hévéa

Dans un tel contexte, l'objectif du programme hévéa est demeuré la contribution à l'accroissement de la productivité par une recherche toujours largement orientée vers :

- le développement d'un matériel végétal adapté à différents contextes, en particulier les zones considérées comme non traditionnelles mais seules à même de prendre le relais du sud de la Thaïlande et de la Malaisie (projets 1 et 2) ;
- l'approche de la maladie sud-américaine des feuilles d'hévéa qui a, jusqu'à présent, empêché tout développement rentable de l'hévéa en Amérique latine en dehors des zones d'esquive et constitue une menace latente pour le reste du monde hévéicole ;
- la mise au point d'outils biotechnologiques (projet 3) ;
- la maîtrise de la productivité de la saignée (projets 4 et 5) et de la parcelle cultivée (projets 6 et 7) ;
- le contrôle de la variabilité du caoutchouc (projets 8 et 9) ;
- le transfert en milieu villageois (projet 10).

Pour satisfaire à ces objectifs, le programme hévéa s'est plus particulièrement attaché à :

- compléter son dispositif en Amérique latine par l'affectation au Mexique, sur financement partiel du Mae, d'un chercheur en appui à la mise en place d'un projet de relance de l'hévéaculture en milieu paysan ;
- élargir son intervention en Thaïlande où un accord général de coopération avec le Rrit a été signé, à même, entre autres, de lui ouvrir l'accès à une recherche dans le nord-est de ce pays. Cette zone non conventionnelle de culture de l'hévéa, à proximité d'une région incluant les hauts plateaux du Vietnam, le Yunnan et le Cambodge sera une composante déterminante des productions hévéicoles à venir ;
- rechercher de nouveaux partenaires pour la maîtrise des techniques d'embryogenèse somatique ;
- reformuler son approche de la variabilité en y associant producteurs et transformateurs.

Fin 1996, toutefois, pour des raisons politiques, l'intervention du programme hévéa au Cambodge a dû être provisoirement arrêtée, ce qui a entraîné le retour en France du chercheur qui y était affecté.

Projet 1 : Création génétique et sélection de l'hévéa dans différents écosystèmes africains et asiatiques

Ce projet, visant à améliorer la production par la diversification des clones et le choix des clones les mieux adaptés aux sites écologiques, dans un contexte où la maladie sud-américaine des feuilles est absente, a poursuivi le développement d'un ensemble d'outils et de collections pour :

- l'exploitation des ressources génétiques de l'hévéa ;
- la caractérisation de son génome ;
- la conduite de schémas raisonnés de création, de sélection précoce et d'étude des clones à grande échelle ;
- la sélection assistée par marqueurs.

Projet 2 : Etude des relations hévéa-*Microcyclus* pour la création variétale en Amérique latine

L'objectif de ce projet est d'analyser l'interaction hévéa-*Microcyclus* afin de définir les facteurs de résistance partielle utilisables par la plante et pouvant être combinés pour l'obtention de clones dotés d'un fond de résistance et d'un niveau de production suffisants. Les avancées significatives de 1996 et 1997 ont permis de mieux connaître la diversité du pouvoir pathogène de *Microcyclus ulei* et de définir une stratégie de développement de la résistance générale des clones. Le Cirad est en fait, aujourd'hui, le seul organisme de recherche dans le monde à véritablement travailler sur ce problème.

Projet 3 : Nouvelle méthode de propagation de l'hévéa par embryogenèse somatique

Au cours des deux dernières années, ce projet a plus particulièrement axé ses efforts sur l'amélioration des conditions de régénération des embryons par l'utilisation du système Rita et une modification des conditions de maturation et de germination des embryons somatiques. Un nouveau partenariat a été lancé avec le Rrit en Thaïlande et un financement du ministère de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie a été obtenu pour la poursuite, en 1998 et 1999, de la production de plants somatiques à vocation expérimentale en partenariat avec Michelin.

Projet 4 : Optimisation de l'exploitation de l'hévéa

Ce projet est resté fondé sur :

- la mise en oeuvre et l'amélioration du diagnostic latex, outil aujourd'hui incontournable pour la prévision et la gestion de la production d'une plantation à long terme ;
- l'étude des limites agronomiques de production des différents clones ;
- l'optimisation des normes d'ouverture et de stimulation.

Il conduit aujourd'hui à envisager une approche nouvelle de la stimulation éthylénique exploitant au mieux la disponibilité en sucres du latex en fonction de l'âge des arbres.

Projet 5 : Connaissance des mécanismes de fonctionnement agrophysiologique de l'hévéa

Domaine d'excellence du Cirad qui, très tôt, a su lier l'exploitation de l'hévéa à la physiologie de l'écoulement et de la régénération du latex entre deux saignées consécutives, ce projet a continué à reposer sur :

- l'élaboration et la mise à jour d'un modèle agrophysiologique de la production ;
- l'alimentation en continu, par ce modèle, d'une activité d'identification de marqueurs tant moléculaires que cellulaires de la production et des accidents de production, en vue :
 - d'affiner les outils de diagnostic,
 - de comprendre la maladie de l'encoche sèche,
 - d'orienter l'amélioration génétique vers la création d'un matériel végétal adapté à une fréquence d'exploitation réduite.

Projet 6 : Etude du fonctionnement des cultures associées à base d'hévéas

Ce projet qui a bénéficié d'un financement européen est arrivé à sa fin en 1997. Les résultats obtenus en 1996 et 1997 ont confirmé les résultats précédents, à savoir l'existence d'une compétition entre l'hévéa et les cultures vivrières au niveau de l'eau, de la lumière et des éléments minéraux du sol dès la deuxième année de culture.

Projet 7 : Mise au point d'itinéraires techniques adaptés à des systèmes de cultures à base d'hévéas

Le réseau de points d'essais de ce projet qui comportait six pays (la Côte d'Ivoire, le Gabon, l'Indonésie, le Vietnam, le Cambodge et le Guatemala), a été élargi au Mexique en 1996.

Les études poursuivies dans le cadre de ce réseau permettent aujourd'hui de proposer de nouveaux itinéraires techniques, tant pour les zones traditionnelles de culture de l'hévéa que pour les zones nouvelles.

Projet 8 : Analyse et correction de la variabilité du produit caoutchouc

Comme au cours des années précédentes, ce projet est resté axé sur :

- l'élaboration et l'appui technique à la mise en place d'un outil de spécification technique du

caoutchouc. L'année 1996 a plus particulièrement été marquée par la mise en place, dans le cadre de l'Acna et d'un financement international, d'un projet régional d'amélioration de la qualité du caoutchouc africain avec l'expertise du Cirad ;

- l'identification des facteurs d'influence sur la variabilité du produit.

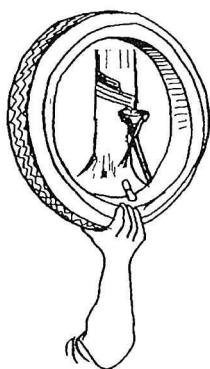
Projet 9 : Modification des caractéristiques du caoutchouc brut pour une meilleure adéquation aux besoins de l'industrie et pour de nouvelles utilisations

Visant au développement d'un modèle physico-chimique du comportement du caoutchouc naturel lors de sa mise en oeuvre à même d'expliquer la variabilité de ce comportement, ce projet a continué à mettre l'accent sur :

- l'étude des grandeurs moléculaires ;
- l'étude de l'oxydabilité du produit.

Projet 10 : Systèmes de production hévéicole et politiques de développement

En raison du départ de son responsable fin 1995, ce projet a dû être provisoirement limité à la poursuite des opérations en cours en Indonésie sur l'amélioration des agroforêts à base d'hévéas.



Création génétique et sélection de l'hévéa dans différents écosystèmes africains et asiatiques

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

A. Clément-Demange, responsable ;

T. Chapuset, M. Seguin.

Partenaires : H. Legnaté et M. Gnagne (Idefor-dpl, Côte d'Ivoire), A. Doumbia (Hévégo, Côte d'Ivoire, S.M. Gobina (Irada, Cameroun), N. Assoumou (Cath, Gabon), Tran Thi Thuy Hoa (Riv, Vietnam).

En Asie ou en Afrique, où l'on trouve plus de 95 % des zones de culture, principalement en raison de l'absence de la pression parasitaire de la maladie sud-américaine des feuilles, l'amélioration génétique de l'hévéa a pour objectif l'amélioration de la production et la diversification des clones plantés. Les critères d'adaptation aux conditions locales des différents sites sont également pris en compte : résistance à diverses maladies de feuilles (*Colletotrichum*, *Corynespora*, *Oidium*, *Corticium*), résistance aux variations saisonnières de l'indice de rétention de plasticité de fond de tasse, adaptation à diverses contraintes de zones de culture nouvelles, telles que les basses températures ou la longueur de la saison sèche.

Ressources génétiques

Depuis la prospection internationale organisée en 1981 par l'Irrdb en Amazonie brésilienne, une intense activité de caractérisation du germoplasme sauvage de l'espèce *Hevea brasiliensis* a été développée en Côte d'Ivoire, en coopération avec les instituts de recherche du Cameroun, du Vietnam et de la province chinoise du Yunnan, ainsi que dans les laboratoires de marquage moléculaire du Cirad à Montpellier et de l'université catholique de Louvain-la-Neuve en Belgique. Ce travail a bénéficié du soutien continu, depuis 1986, de la Commission des communautés européennes (Dg XII, projets Inco).

La collection de base disponible pour l'espèce *Hevea brasiliensis* comporte 3 500 accessions, presque toutes présentes à l'Idefor-dpl, en Côte d'Ivoire. Une collection représentative de 600 génotypes existe au Cirad en Guyane.

Diversité génétique du germoplasme amazonien

L'étude isoenzymatique de la diversité du germoplasme (419 accessions) et celle du génome nucléaire par les marqueurs moléculaires Rflp (165 accessions) ont montré un enrichissement important apporté par les prospections, et mis en évidence une structure claire, liée à l'origine géographique et notamment aux grands réseaux hydrographiques, composée de six groupes de populations génétiquement divergents.

Groupe	Définition
Am1	Acre ouest : ACR, ACF
Am2	Acre est : autres districts
Am3	Rondonia, district Vila Bela, Mato Grosso
Am4	autres districts du Mato Grosso
W	population Wickham
SCH	population Schultes

L'exploitation des données agromorphologiques de l'essai BM OA 38 (13 variables quantitatives et 6 variables qualitatives), sur 1 900 accessions regroupées dans 45 localités, a permis de confirmer la validité des 4 groupes génétiques Am 1, 2, 3 et 4 de la population Irrdb. Une différence d'architecture très nette est visible en champ entre les Etats de l'Acre et du Rondonia, où les hévéas sont caractérisés par un fort élancement et une densité de branches très faible, et l'Etat du Mato Grosso, où l'aspect de l'arbre est voisin de celui du groupe Wickham.

L'étude isoenzymatique des populations Schultes, MDF et CNSAM (87 accessions) met en évidence une proportion importante d'allèles rares dont plusieurs sont absents de la population Irrdb et pourraient provenir d'autres espèces que *H. brasiliensis*. L'origine Calima de la population Schultes paraît proche du groupe Am1 de l'Acre ouest.

Une analyse Rflp du génome mitochondrial de la population Irrdb (395 accessions) a mis en évidence

un polymorphisme très important, permettant d'identifier 212 types mitochondriaux distincts. La structure obtenue, en partie conforme avec celle qu'on a obtenue par isozymes et Rflp nucléaires, est confirmée par une étude de comparaison de séquences d'un fragment d'ADN mitochondrial hautement polymorphe. L'étude du génome chloroplastique a montré, en revanche, un polymorphisme très restreint, composé de seulement deux types, et pouvant s'expliquer par une seule substitution nucléotidique. La grande stabilité du génome chloroplastique des plantes au cours de l'évolution est ainsi confirmée sur hévéa.

Toutes ces études de diversité génétique mettent en évidence une part majoritaire de variabilité à l'intérieur même des groupes géographiques ou des groupes d'origines étudiés.

Caractérisation agronomique du germoplasme et sélection pour la production

Le germoplasme amazonien de l'hévéa se caractérise principalement par un niveau de production très faible variant, selon les districts de la population Irrdb, entre 8 et 18 % de la production du témoin Wickham, GT 1. On trouve la plus grande part de variabilité de cette production non entre les Etats ou les districts mais entre les accessions d'une même localité. La production plus élevée des accessions de la prospection franco-brésilienne de 1974 (17 et 26 % de GT 1 respectivement pour les groupes AC 74 et RO 74) laisse supposer une certaine efficacité de la sélection réalisée en forêt lors de la prospection. Concernant le groupe MDF (29 % de GT 1), une sélection intermédiaire entre la prospection et l'introduction en Côte d'Ivoire a pu avoir lieu. Concernant les groupes Palmira (Schultes) et CNSAM (productions respectives égales à 24 % et 23 % de celle de GT 1), la présence dans ces groupes d'une part non négligeable de clones hybrides de type Wickham x Amazonien est possible. Alors que tous les clones de la population Irrdb appartiennent clairement à l'espèce *H. brasiliensis*, l'observation visuelle des accessions CNSAM ou Schultes permet d'identifier un petit nombre de clones ayant au moins partiellement une origine étrangère à l'espèce. L'utilisation privilégiée du critère de production sur l'ensemble des essais disponibles conduit à la définition d'une collection de travail AM 97 de 280 accessions, dont la production moyenne est estimée à 36 % de celle de GT 1. Des échantillons représentatifs de cette collection ont été transférés dans plusieurs pays (Chine, Vietnam, Guyane, Brésil) pour une évaluation dans des conditions écologiques variées.

Les croisements entre clones cultivés et clones amazoniens non sélectionnés présentent une large

variabilité pour la croissance et les critères de forme mais une production relativement faible, de l'ordre de 30 à 50 % de celle de GT 1, probablement due à l'écart très important existant entre les géniteurs des deux populations. Une étude méthodique de ces croisements est en cours.

Perspectives d'utilisation du germoplasme amazonien

Les données géographiques, agromorphologiques, protéiques et moléculaires relatives au germoplasme amazonien de l'hévéa sont actuellement en cours d'exploitation, en coopération avec le Laboratoire d'analyse du génome des plantes tropicales de l'Orstom, sur un financement du Bureau français des ressources génétiques. Il s'agit de définir une collection noyau (*core collection*) destinée à maintenir la variabilité génétique disponible, et à approfondir les études sur des sites écologiques variés. A court terme, l'utilisation en recombinaison (manuelle et naturelle) de la collection de travail vise à réduire l'écart de production entre clones cultivés et clones amazoniens pour obtenir des croisements Wickham x Amazonien compétitifs pour la production de caoutchouc avec les clones traditionnels et offrant une meilleure valorisation secondaire du bois. Malgré des résultats en sélection encore peu spectaculaires, le germoplasme amazonien de l'espèce *H. brasiliensis* est désormais doté d'un ensemble de connaissances en plein développement, associant les techniques moléculaires et l'expérimentation en champ, et qui permet de fonder l'amélioration génétique de cette plante sur une base génétique large.

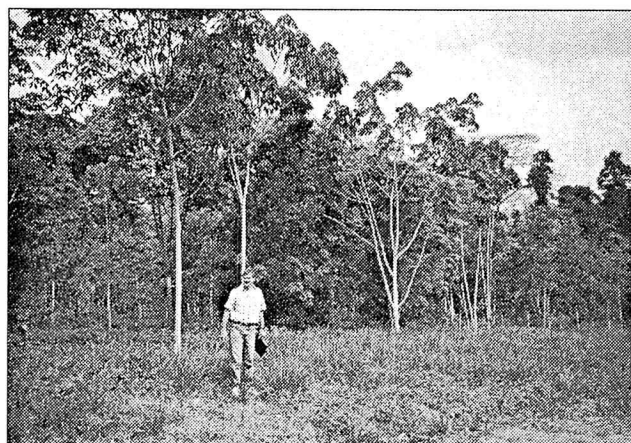


Photo 1. Jardin isolé de pollinisation libre, Idefor, Divo, Côte d'Ivoire. La recombinaison naturelle est une alternative à la pollinisation manuelle pour l'amélioration des ressources génétiques de l'hévéa et la production de nouveaux géniteurs (cliché A. Clément-Demange).

Génétique moléculaire de l'hévéa

Les études de diversité génétique ont conduit au développement des marqueurs moléculaires du génome de l'hévéa (notamment Rflp et micro-satellites). Ces marqueurs, insensibles aux effets d'environnement et sans effet biologique sur les caractères agronomiques, permettent d'établir un « bornage » régulier sur des groupes de liaison assimilables aux chromosomes, et de construire ainsi les cartes génétiques des croisements étudiés. La possibilité d'établir des relations statistiques entre ces marqueurs et les caractères agronomiques ouvre la perspective d'une sélection plus précoce et plus efficace (sélection assistée par marqueurs), ainsi que d'autres applications telles que le contrôle de légitimité des croisements, le contrôle de conformité des clones ou la recherche de paternité en pollinisation naturelle.

Développement des marqueurs microsatellites

L'identification de marqueurs microsatellites spécifiques de l'hévéa s'est poursuivie. Sur 69 séquences testées par Pcr (*Polymerase Chain Reaction*) ciblée, 34 (49 %) se sont avérées polymorphes entre PB 260 et RO 38 et 15 marqueurs ont déjà été intégrés à la carte génétique dont 2 gènes codants (Hmg1 et MnSOD). Tous ces marqueurs microsatellites, sauf 2 d'entre eux, peuvent être révélés facilement en gel d'agarose sans marquage radioactif. Dans ces conditions, leur utilisation nécessite une technicité moindre, des infrastructures moins sophistiquées et des équipements moins onéreux que les Rflp ou même les Aflp. De plus, contrairement aux Aflp, les microsatellites sont en grande majorité codominants. Ces marqueurs constituent donc d'excellents outils, notamment dans la perspective d'un génotypage à grande échelle.

Cartographie génétique

Cette cartographie est entreprise conjointement à partir de deux descendance apparentées, l'une de type F1 (PB 260 x RO 38) et l'autre de type F2 (autofécondation PB 260 x PB 260) et conduit à trois cartes : carte F2, carte F1/PB 260 et carte F1/RO 38. La carte la plus avancée (F1/RO 38) comporte 228 marqueurs dont 8 isozymes, 13 microsatellites, 2 ADNr, 203 Rflp/sondes génomiques, 2 Rflp/ADNc. Les cartes comprennent 4 gènes codant pour des enzymes impliquées dans la biosynthèse du caoutchouc (marqueurs non neutres), dont 2 sont issus de sondes d'ADNc fournies par l'équipe Cirad-Orstom de physiologie moléculaire basée à

l'université de Mahidol, en Thaïlande. Les estimations de longueur du génome varient assez fortement selon la carte et la méthode considérée, mais fournissent une moyenne de 2 700 centimorgans, ce qui confirme la taille importante du génome de l'hévéa. Le nombre de groupes de liaison indépendants varie, selon la carte considérée, entre 20 et 26, ce qui reste supérieur au nombre de chromosomes de base de l'hévéa ($n = 18$). Mais l'augmentation du nombre de marqueurs a permis de réduire le nombre de marqueurs non liés. D'une carte à l'autre, on trouve presque toujours les mêmes marqueurs dans les mêmes groupes. Cette concordance a permis de fusionner les données des trois cartes pour obtenir une carte synthétique comportant 21 groupes de liaison ainsi qu'un 22^e groupe supposé artefactuel et 15 marqueurs non liés.

Recombinaison génétique et sélection précoce

Pollinisation naturelle

Trois jardins isolés de pollinisation libre ont été installés en 1992 en Côte d'Ivoire, sur un site isolé de toute pollution pollinique, afin de permettre une recombinaison génétique naturelle entre 99 clones amazoniens présélectionnés sur le critère de production et répartis dans deux groupes génétiques différents. L'obtention des premières graines (270) en 1996 permet de lancer l'étude des caractéristiques de la recombinaison et la sélection d'une nouvelle génération de géniteurs amazoniens.

Pollinisation manuelle

Le volume de la campagne de pollinisation manuelle réalisée en 1996 à l'Idefor-dpl a été réduit à l'obtention, hors famille témoin, de 295 nouveaux génotypes répartis dans 11 descendance « pleins-frères » ayant PB 260 pour femelle. Sept de ces croisements sont de type Wickham et directement orientés vers la sortie clonale.

Sélection précoce

Sur le site de Hévégo, en Côte d'Ivoire, une évaluation agronomique précoce de la série clonale IRCA 1300 (76 clones présélectionnés, issus des pollinisations de 1988), comportant 67 clones Wickham x Wickham de type classique, 8 clones Wickham x (Wickham x Amazonien) et 1 clone Wickham x Amazonien. Ces clones (figure 1) sont répartis dans 16 familles différentes, ce qui permet d'envisager une sélection

diversifiée. On constate que les 8 clones W x WAM ont une production moyenne équivalente à celle des clones W x W.

La production des meilleurs clones est équivalente à celle du témoin PB 235. Aucun des 76 clones n'est moins vigoureux que GT1, mais 15 clones apparaissent phénotypiquement moins productifs. Bien qu'on ne dispose pas encore de données physiologiques pour cet essai, une sélection provisoire de 21 clones a été réalisée (figure 2), permettant une prémultiplication de bois de greffe et la réduction du délai de passage au stade de l'expérimentation à grande échelle. Cette présélection prend en compte les performances de croissance et de production des clones, leur aspect architectural ainsi qu'un souci de représenter la diversité génétique des familles de cette série.

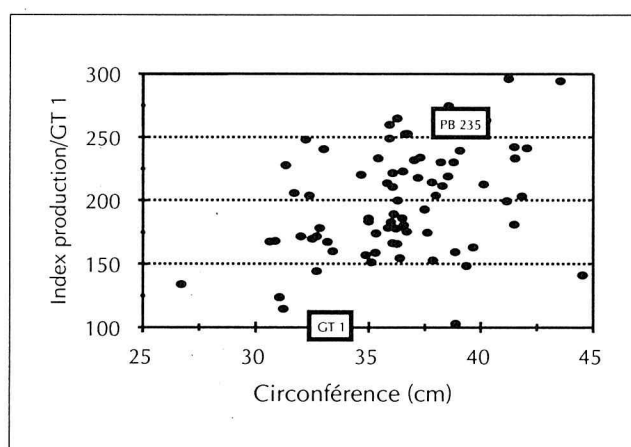


Figure 1. Evaluation agronomique précoce de la série clonale IRCA 1300. Croissance et production des 76 clones (essai GO OA 3).

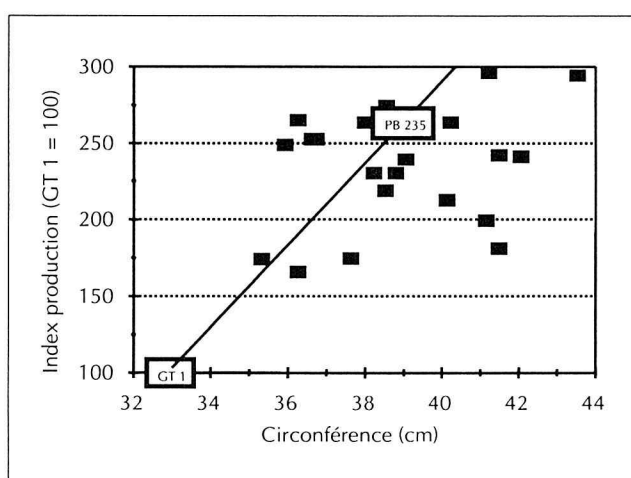


Figure 2. Evaluation agronomique précoce de la série clonale IRCA 1300. Croissance et production des 21 clones présélectionnés (essai GO OA 3).

Etude génétique des croisements au sein de la population Wickham

L'étude d'un plan de croisement factoriel mère x père relatif à la population Wickham, planté en 1992 à l'Idefor-dpl, bénéficie désormais de trois années de mesures et d'observations précoces de croissance, de production, d'architecture, de précocité de défoliation-refoliation et de critères physiologiques. Pour l'ensemble des caractères et notamment pour la production, on constate une part très importante de la variance additive : les interactions entre mères et pères sont le plus souvent non significatives et les deux types d'héritabilités (au sens strict et au sens large) sont voisines ou équivalentes. Pour les croisements de type Wickham x Wickham, le choix des géniteurs peut donc être fait sur leur valeur génétique propre.

L'estimation des aptitudes à la combinaison pour la production précoce obtenue par saignée en demi-spirale montre, dans les conditions de cet essai, une supériorité significative de PB 260 sur GT 1 (AVROS 2037 intermédiaire), et un classement décroissant des clones RRIM 703, NAB 17, RRIM 600, IR 22, RRIC 110, RRIM 605, PR 107 et AF 261 ; PR 107 et AF 261 sont significativement inférieurs aux autres clones. Les parts relatives des effets « famille », « clone dans famille » et « environnement + erreurs » dans la variance totale, pour la production précoce, sont relativement équilibrées (respectivement 33, 39 et 28 %). La part de l'effet « famille » est cependant sous-évaluée en raison de l'existence d'apparentements entre les géniteurs.

On trouve des différences d'héritabilité importantes entre les caractères étudiés (tableau 1).

Dans cette expérience, une sélection génotypique sur le critère de production précoce obtenue par saignée en demi-spirale permet d'espérer, pour un taux de sélection de 5 %, un gain génétique d'environ 15 %.

Etude des clones dans différents contextes écologiques

Les champs de clones à grande échelle et les tests clonaux en milieu paysan permettent un enrichissement continu de la connaissance du comportement des clones dans les essais de Côte d'Ivoire, du Cameroun, du Gabon, du Nigeria et de la Guinée pour l'Afrique, du Vietnam et du Cambodge pour l'Asie.

Tableau 1. Estimation de l'héritabilité (sens large) de quelques caractères (essai BM OA 51, Idefor-dpl).

Caractère	h ²
Croissance de 1 à 2 ans	0,26
Croissance de 2 à 3 ans	0,31
Croissance de 2 à 4 ans	0,27
Accroissement en cours de saignée (3 ans)	0,36
Accroissement en cours de saignée (4 ans)	0,25
Production (saignée par coupures à 2 ans)	0,19
Production (saignée en demi-spirale à 3 ans)	0,78
Production (saignée en demi-spirale à 4 ans)	0,83
Paramètres physiologiques du micro-diagnostic latex (moyennes de 3 séries réalisées à 3 ans)	0,38
DRC (<i>dry rubber content</i>)	0,55
SAC (taux de saccharose)	0,72
Pi (taux de phosphate inorganique)	0,25
RSH (taux de groupements thiols)	
Abondance de branchement (notée à 3 ans)	0,24
Précocité de défoliation-refoliation (notée à 3 ans)	0,26

Côte d'Ivoire

Après 14 années d'exploitation, GT 1 confirme sa supériorité en production cumulée, de l'ordre de 20 à 30 %, sur les clones NA B17, PB 28/59 et RRIM 527. Après 18 années d'exploitation, PB 217, avec un effectif de 330 arbres/ha, maintient une production cumulée supérieure de 20 % à celles de GT 1 et PB 235, elles-mêmes supérieures à celles de RRIM 600 et AVROS 2037. Après 11 années d'exploitation, RRIC 100 n'apparaît pas supérieur, en production cumulée, à GT 1. Après 10 années d'exploitation, IRCA 18 et IRCA 41 ont une production cumulée supérieure de plus de 15 % à celle de GT 1. Par rapport à IRCA 18, clone à métabolisme actif, IRCA 41 présente une aptitude à l'intensification plus importante en raison de son comportement physiologique similaire à celui de PB 217. Après 8 années d'exploitation, PB 260 présente une production cumulée supérieure de plus de 25 % à celle de GT 1. IRCA 145 et IRCA 230 présentent une production cumulée supérieure de plus de 30 % à celle de GT 1. Après 6 années d'exploitation, RRIM 703 présente une augmentation de production spectaculaire et une production cumulée supérieure à celle de PB 260, PB 254 est aussi productif que GT 1, HARBEL 60 est plus productif que GT 1. On obtient également des résultats préliminaires intéressants pour IRCA 317 et IRCA 331.

La sensibilité à l'encoche sèche des clones PB 235, PB 260, RRIM 703, HARBEL 60 et potentiellement IRCA 18 (en raison de son métabolisme actif et e ses faibles réserves en sucres) ne doit pas être oubliée. En revanche, il faut souligner la robustesse

physiologique des clones PB 217, IRCA 41 et apparemment IRCA 230.

La sensibilité aux dommages dus au vent des clones PB 235, PB 260 et RRIM 703 est une des principales limites à leur utilisation. L'utilisation d'une norme de mise en saignée de 65 cm de circonférence, éventuellement couplée à une réduction de la densité de plantation peut renforcer la résistance de ces clones. Des observations après tempête, réalisées à Hévégô, montrent un effet spectaculaire de ces mesures sur le clone PB 260. L'impact économique du retard induit de la mise en saignée et les capacités de rattrapage sont en cours d'étude. Ce problème des dommages dus au vent semble indiquer une limite de la sélection pour la vigueur avant la mise en saignée (les clones les plus vigoureux semblent souvent les plus cassants) ; le principe de l'adaptation de la norme de mise en saignée au clone redonne un intérêt nouveau à la sélection pour la vigueur avant saignée, et pourrait permettre de réhabiliter des clones hauts producteurs tels que PB 235, IRCA 111 et IRCA 130.

En Côte d'Ivoire, le développement du clone GT 1 dans les plantations paysannes et de la collecte de fonds de tasse maturés pose de sérieux problèmes de baisses saisonnières brutales de l'indice de rétention de plasticité. La prise en compte de ce facteur devrait conduire à limiter le développement du clone PB 217, très sensible à ce problème, dans ces plantations.

Une classification des clones, selon leur comportement en Côte d'Ivoire, a été mise à jour et propose un choix diversifié de clones utilisables pour des conditions écologiques similaires, c'est-à-dire peu soumises aux maladies de feuilles.

Gabon

Sur les sites hévéicoles du Gabon soumis à la pression parasitaire de *Colletotrichum gloeosporioides* (maladie de feuilles) et souvent situés en altitude, où la croissance est ralentie, PB 217 et GT 1 n'ont pas un très bon comportement. PB 260 ainsi que, dans une certaine mesure, PB 235 présentent une bonne résistance à *Colletotrichum*, mais le danger de casse due au vent ne doit pas être oublié. Un besoin de diversification clonale existe donc et devrait conduire à l'extension du réseau de champs de clones de ce pays. Parmi les clones déjà testés, IRCA 27 présente une bonne vigueur et un bon niveau de résistance à *Colletotrichum*. Enfin, le clone RRIC 100 mérite d'être introduit et testé dans ce contexte dès que possible.

Hauts plateaux du Vietnam

Cette région, située entre 500 et 800 mètres d'altitude, soumise à l'*Oidium* et au *Corticium*, est bien représentative des zones nouvelles susceptibles d'offrir des

possibilités de développement à l'hévéaculture et qui nécessitent une sélection adaptative. Dans ce sens, la coopération Cirad-Rriv y développe un réseau d'étude des clones. Les clones actuellement utilisés sont GT 1, PB 235 et RRIC 600. Malgré des vents réguliers, le risque de dommage dû aux tempêtes paraît absent, ce qui permet d'y envisager le développement de clones tels que PB 260 et RRIC 110 qui s'y comportent très bien. Les autres clones performants dans le réseau d'essais existants sont VM 515 et PR 255. Enfin de nouveaux clones sélectionnés par la recherche vietnamienne apparaissent prometteurs (RRIV 1, 3, 4 et 5).

Cambodge

Dans la perspective de la relance de l'hévéaculture dans ce pays, un important effort de restructuration et de contrôle de conformité des collections en jardins à bois de greffe a été réalisé en 1996, afin de produire le bois de greffe nécessaire à l'expérimentation de nouveaux clones. Deux champs de clones à grande échelle ont été installés au cours de cette année.



Etude des relations hévéa-*Microcyclus ulei* pour la création variétale en Amérique latine

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

A. Clément-Demange, responsable ;

V. Le Guen, F. Pinard, F. Rivano et B. Jobbé Duval.

Partenaires : C. Mattos (Michelin, Brésil), Gremial de Huleros (Guatemala), Consejo Mexicano del Hule (Mexique).

Microcyclus ulei, champignon parasite des feuilles d'hévéa responsable de la maladie sud-américaine des feuilles, est un frein majeur au développement de l'hévéaculture en Amérique latine qui reste confinée à des zones dites *escape* climatiquement peu propices à la compétitivité de la culture. Par ailleurs, le risque d'introduction accidentelle de cette maladie en Asie et en Afrique constitue un danger permanent pour l'hévéaculture mondiale.

Une recherche est donc poursuivie pour permettre une sélection prenant en compte l'adaptation aux conditions climatiques marginales des zones *escape* et intégrant des composantes de résistance générale au *Microcyclus*. Cette recherche est réalisée dans les laboratoires de phytopathologie du Cirad, en Guyane, et de Michelin, dans l'Etat brésilien de Bahia. Elle s'appuie sur le programme Cirad-Michelin de création clonale localisé dans le Mato Grosso (Brésil) et sur les expérimentations en champ de Guyane, du Brésil, et du Guatemala. Le Mexique se prépare à entrer dans ce réseau expérimental.

Variabilité génétique et pathogénie de *Microcyclus ulei*

La grande diversité du pouvoir pathogène du *Microcyclus* est déjà largement démontrée. Les deux laboratoires de Kourou, en Guyane (Cirad) et de la plantation Michelin de Bahia (PMB) coopèrent dans la poursuite de l'exploration et de la caractérisation de cette diversité à partir d'une collection de souches, du point de vue de la virulence et de l'agressivité. La référence de testage est une gamme différentielle commune comportant les clones FX 985, FX 2261, FX 2804, FX 3899, FX 4098, IAN 717, IAN 3087, MDF 180AS, F 4542 et PA 31. Chaque laboratoire dispose par ailleurs de trois

clones supplémentaires spécifiques dans sa gamme. En 1996, le laboratoire de PMB a testé 14 souches issues de la région de PMB sur 12 clones représentatifs de 12 facteurs de virulence. Plusieurs souches polyvirulentes (FTP 47, FTP 39, FTP 55) présentent un intérêt particulier pour le testage des clones en cours de sélection. A elle seule, FTP 47 accumule 9 facteurs de virulence. Le laboratoire de Guyane a étudié également 14 souches, principalement originaires de la région de Una, au Sud de PMB. La souche Una 14M a montré la présence cumulée de 10 facteurs de virulence sur les 11 présents. Les résultats acquis enrichissent la base de données mise en place pour décrire la diversité du pouvoir pathogène du champignon. En 1996, une prospection commune de souches, visant à étendre la collection et à la rendre plus représentative de la diversité du champignon, a été réalisée dans diverses régions du Brésil.

Etude en champ de l'interaction *Hevea-Microcyclus*

L'étude en champ, en Guyane, de 25 clones choisis aléatoirement et répartis dans les trois groupes cultivés (Wickham), amazoniens non sélectionnés (Am) et hybrides (W x Am) met en évidence la forte sensibilité du groupe Wickham (déjà bien connue), un important fond de résistance au *Microcyclus* dans le germoplasme amazonien, tandis que les hybrides W x Am offrent une large variabilité pour la résistance. Ces hybrides, qui offrent un niveau de production également intermédiaire entre les groupes W et Am, apparaissent donc bien comme le matériel le plus adapté pour une sélection clonale combinant résistance et production.

L'évaluation de la collection de travail amazonienne en Guyane, sous la pression parasitaire du *Microcyclus*, devrait donc permettre la sélection de géniteurs adaptés pour une sélection combinant production et résistance aux maladies de feuilles.

Sur la plantation Michelin de Bahia, un champ de clone à petite échelle, planté en 1993, permet l'étude de 101 clones. Jusqu'à la fin de 1996, la petite taille

des arbres a permis une étude détaillée du comportement du feuillage vis-à-vis du champignon. Ces observations visent, d'une part à apprécier le niveau global de résistance pour le choix de géniteurs, d'autre part à identifier les clones les plus résistants pouvant être utilisés pour le greffage de couronne, dans le cadre des opérations actuelles de renouvellement de la plantation de PMB. On constate, dans cet essai, la sensibilité relativement importante des clones FX 2261, FX 3864, FX 4098, IRCA 519, IRCA 621 et « RO 38 » (il est maintenant hautement probable que ce dernier clone est en fait identique au clone FX 3899). En revanche, les clones F 4512, IAN 6158 et MDF 180AS présentent un très bon niveau de résistance générale (dû, pour F 4512 et IAN 6158, à leur apparentement à l'espèce *H. benthamiana*). Le clone FX 2784 est également jugé sensible dans cet essai, alors qu'il présente une bonne résistance sur plusieurs autres sites de la plantation.

Ressources génétiques de l'hévéa

Un enrichissement par échanges réciproques des collections clonales de Guadeloupe, de Guyane et de la plantation Edouard Michelin du Mato Grosso (Brésil) a été réalisé en 1996. 80 clones Schultes ont été transférés de Martinique en Guadeloupe, préalable nécessaire à la fermeture de la collection de quarantaine de Martinique. La collection de Guyane comporte environ 700 clones soumis à la pression parasitaire du *Microcyclus*. Le relais phytosanitaire de Guadeloupe comporte environ 300 clones.

Sélection assistée par marqueurs

Pour cette opération, on utilise comme descendance modèle le croisement PB 260 x RO 38, réalisé en Côte d'Ivoire (Idefor-dpl) et transféré en Guyane, afin de mettre à profit les effets combinatoires de PB 260, clone de type Wickham très sensible à toutes les virulences connues du *Microcyclus*, et de RO 38, clone de type Wickham x Amazonien (*H. benthamiana*) partiellement ou totalement résistant à une majorité de facteurs de virulence de la maladie.

L'étude des relations entre composantes de la résistance, mesurées en chambre d'inoculation, et marqueurs moléculaires positionnés sur la carte génétique du croisement, fournit de premières indications sur les positions les plus probables de Qtl associés à ces résistances. La poursuite de cette étude est en cours avec de nouvelles races de champignon et la cartographie du croisement utilisé étendue à 200 descendants.

Enfin, la descendance, installée en jardin à bois de greffe, fournira le matériel végétal nécessaire à une expérimentation agronomique en champ, si possible multilocale, pour une étude de ségrégation des facteurs de résistance en conditions réelles qui sera également confrontée aux Qtl identifiés. Cette approche devrait fournir à la sélection conventionnelle des outils complémentaires permettant un tri préalable très précoce pour la résistance du matériel en cours de sélection, et peut-être des possibilités de transfert, assisté par marqueurs, de certains Qtl complémentaires aux clones les plus prometteurs.

Création de matériel génétique nouveau

Les trois premières campagnes de pollinisation manuelle réalisées sur la plantation Edouard Michelin du Mato Grosso (Brésil) ont permis de constituer un plan de croisement comportant 5 femelles Wickham et 7 mâles Wickham x Amazonien (23 familles). Ce plan de croisement fera l'objet d'une évaluation génétique (composantes additive et de dominance de la variabilité génétique, héritabilité des critères de sélection) et d'une sélection combinant résistance et production dans les conditions d'esquive du Mato Grosso, qui sont cependant marquées par des attaques assez importantes de *Microcyclus* au cours de la période de janvier à mars. Depuis 1996, un second plan de croisement, de type WAm x WAm est en cours de constitution, notamment grâce à l'entrée en floraison d'un jardin de pollinisation manuelle mis en place en 1992. Une étude d'induction de la floraison précoce dans ce jardin a permis de vérifier, de façon très significative, l'efficacité de la décortication annulaire pour l'obtention précoce de fleurs mâles utilisables en pollinisation naturelle.

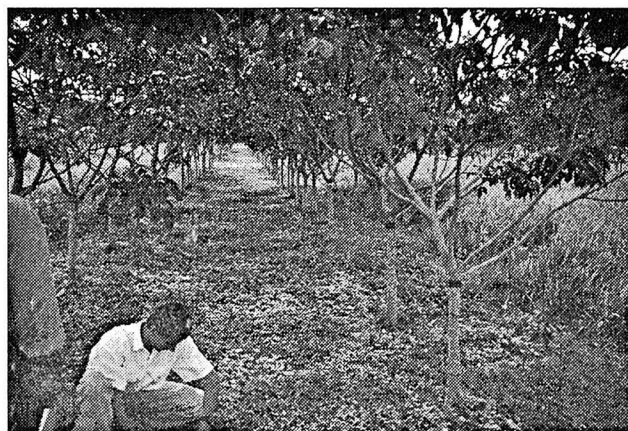
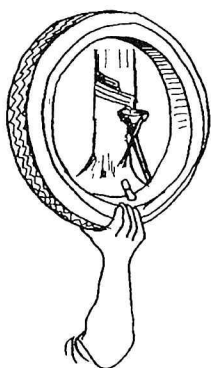


Photo 1. Jardin de pollinisation manuelle, Plantation Edouard Michelin, Brésil, Mato Grosso. La création de matériel génétique et l'étude en plan de croisement des familles de « pleins-frères » sont à la base de la sélection de clones performants (cliché A. Clément-Demange).



Nouvelle méthode de propagation de l'hévéa par embryogenèse somatique

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

M.P. Carron, responsable ;

L. Lardet, G. Blanc (en préparation de thèse), Sébastien Micheletti (stagiaire, université de Toulouse)

Partenaires : B.G. Déa, J. Tison et V. Caussanel (Idefordpl, Côte d'Ivoire), J.M. Julien et J. Julien (Michelin, France et Plantations industrielles), J. Kosasaiwe et K. Terawatanasuk (Rrit, Thaïlande).

L'embryogenèse somatique de l'hévéa est envisagée pour la propagation en masse de clones sur leurs propres racines, à partir de génotypes sélectionnés. Elle constituera aussi un nouvel outil à la disposition de l'améliorateur pour la sélection de nouveaux génotypes performants sur leurs propres racines (éventuellement adaptés à des contraintes particulières de salinités, de maladies ou de sécheresse). L'embryogenèse somatique est d'ores et déjà utilisée en biotechnologie dans le cadre de la transformation génétique pour une meilleure compréhension des mécanismes de production du caoutchouc.

Les activités de ce projet se répartissent en deux thèmes :

- une mise au point méthodologique qui met en jeu l'établissement de lignées embryogènes, friables et entretenues, chez de nouveaux génotypes et l'amélioration des rendements du procédé de régénération ;
- une validation par un transfert du procédé dans un laboratoire associé et la production de plantules qui permet la mise en place d'essais en champ chez différents partenaires en zones hévéicoles.

Etablissement de nouvelles lignées embryogènes

Recherche des génotypes les mieux adaptés à la vitroculture

De nouveaux génotypes ont été introduits (RRIM 600, PR 107, PB 254, PB 280 et PB 217). Ils ont été choisis

par rapport à leur potentialité embryogène ou leur aptitude à la friabilisation reconnues au cours des précédentes introductions (saisons 1993, 1994, 1995, tableau 1). Pour chacun de ces génotypes plusieurs milliers d'explants ont été mis en culture.

L'expérimentation devait préciser l'incidence de trois paramètres de culture :

- la teneur en Ca des milieux d'induction de la callogenèse et d'entretien des lobes friables ;
- la durée du cycle de culture avant l'isolement des lobes friables ;
- la durée du cycle d'entretien des lobes friables.

Les données des années précédentes ont été confirmées mais aucun résultat nouveau très significatif n'a été obtenu en terme d'obtention de souches friables par rapport aux paramètres étudiés.

Une nouvelle souche de cal friable entretenue a été établie à partir du clone PB 280 (lignée L1-96). Cette souche présente un coefficient de multiplication équivalent à celui des souches déjà établies chez les clones PB 260 et PR 107. Fin 1997, de nouveaux cals friables des clones PB 260 et PB 217 ont été régulièrement repiqués en vue de stabiliser de nouvelles lignées proliférantes.

Amélioration des rendements du procédé de régénération

Système Rita (clone PB 260)

L'extrapolation des conditions de culture en Nalgène au nouveau Système Rita (récipient à immersion temporaire automatisé) mis au point par Biotrop s'est révélée défectueuse. De nouvelles conditions ont été définies, portant notamment sur le support de culture, le rythme d'immersion, la durée de la culture précédente sur milieu d'expression de l'embryogenèse, le stade d'isolement des embryons pour la fin de leur développement et leur germination. Ces conditions permettent

Tableau 1. Evaluation de l'aptitude à la friabilité et de la capacité embryogène chez 19 génotypes d'hévée sélectionnés.

Génotype	Potentiel embryogène				Friabilité		Lignée embryogène entretenue
	Non obtenu	Faible	Bon	Fort	Non obtenue	Obtenue	
RRIM 600			X			X	
RRIM 712	X				X		
RRIM 703	X					X	
RRIM 729	X				X		
IRCA 18		X			X		
IRCA 130	X				X		
IRCA 109		X			X		
RRIC 100		X				X	
PB 254		X				X	
PB 217			X		X		
<u>PB 280</u>				X		X	X
PB 255	X					X	
PB 310			X		X		
PB 330		X			X		
<u>PB 260</u>				X		X	X
<u>PR 107</u>				X		X	X
AVROS 2037	X				X		
GT 1		X				X	

Génotype en gras : clone embryogène.
Génotype en gras souligné : lignée embryogène entretenue.

aujourd'hui d'obtenir en moyenne 100 embryons bien développés par récipient et un taux de conversion en plant feuillé de 30 à 40 % (maximum 60 %) pour une phase de culture d'une durée totale de 5 mois, de la mise en régénération au sevrage des plants.

Incidence d'un système à immersion temporaire sur la nutrition minérale et organique

Le système à immersion temporaire utilisé en conditions standard (une immersion d'une minute par jour) donne des résultats de morphogenèse et de nutrition minérale et carbonée semblables à ceux obtenus en milieu solide.

L'influence de certains paramètres spécifiques à l'immersion temporaire a cependant pu être démontrée. L'hydrolyse du saccharose est stimulée par l'importance du contact entre le milieu et l'explant, donc par les fréquences élevées et les longues durées d'immersion. L'absorption des glucides est, en revanche, favorisée par les faibles durées d'immersion. Les hautes fréquences d'immersion ont un effet négatif sur

les teneurs en N, P, K, du matériel végétal. Enfin, une donnée nouvelle concernant la fréquence de renouvellement des milieux a été acquise : la suppression du renouvellement du milieu à un mois de culture devrait simplifier la manipulation et améliorer la rentabilité de la technique.

Développement et germination des embryons somatiques

Une nette diminution du temps global de culture et de la charge de manipulation accompagnée d'une amélioration du taux de conversion ont été obtenues par une simplification du procédé, notamment une suppression des phases spécifiques de maturation-dessiccation. L'embryon, de petite taille par rapport à l'embryon zygotique, est isolé à partir du Rita et repiqué sur un milieu gélifié sans régulateur de croissance ni augmentation de la teneur en sucre, mais additionné de charbon actif. Sur ce milieu, l'embryon somatique va terminer son développement et commencer à germer sans période de repos en l'espace de 1 à 4 semaines. Une plantule feuillée complète, prête au sevrage, sera formée environ 2 mois après l'isolement

de l'embryon. Une meilleure synchronicité du développement des parties racinaire et aérienne est obtenue dans ces conditions. Les problèmes de brunissement des racines et des coudes racinaires dans le tube, préjudiciables à l'acclimatation, ont été, de ce fait, résolus.

Influence de la teneur en azote total

Une légère diminution de la concentration en azote total (clone PR 107) réduit la formation de brunissements sur le cal en fin de culture. L'augmentation de la concentration conduit, au contraire, à l'apparition accélérée des brunissements. Cependant, aucun des milieux testés n'a stimulé la régénération chez ce clone.

Influence d'un apport de L-proline

Deux expérimentations ont été réalisées chez le clone PB 260 pour évaluer les effets d'un apport de proline sur la régénération. Elles montrent un effet favorable d'un apport de 1 à 10 mM sur la formation d'embryons somatiques. Néanmoins, le mauvais comportement de la lignée de cal utilisée (constaté *a posteriori*, lignée LC 0193) rend nécessaire une confirmation de ces résultats.

Chez le clone PB 280, en revanche, un apport de proline (0,1 à 100 mM) aux milieux d'entretien ou d'expression est sans effet notable sur la capacité de régénération.

Nature et concentration de l'auxine du milieu d'expression

Le 3-4D a été substitué par de l'Ana ou de l'Aib, chacune testée sur le clone PR 107 à deux concentrations et associée soit à la concentration standard en Bap, soit à une réduction ou une absence de Bap. Chacun de ces traitements a été réalisé en présence de saccharose ou de maltose. Aucun des milieux testés n'a permis une régénération supérieure à celle obtenue sur le milieu témoin.

Nature de la cytokinine du milieu d'entretien et d'expression

Dans cet essai, dans le milieu d'entretien du clone 107, on substitue la Bap par de la zéatine ou de la kinétine, ou on supprime la cytokinine. Pour chaque cytokinine en entretien, on maintient la même cytokinine en expression ou on supprime la cytokinine. L'expérience montre qu'une cytokinine est indispensable en entretien comme en expression et que la Bap est la plus efficace pour obtenir la régénération (conditions témoin).

Rôle des sucres dans le développement des embryons somatiques

La nature du sucre utilisé au cours de la phase de régénération des clones PB 260, PR 107 et PB 280 influe fortement sur la croissance du cal, sur le nombre d'embryons formés et sur la structure de ces embryons.

En fonction de ces paramètres, une étude analytique est en cours pour mieux comprendre les effets respectifs du saccharose, du maltose, et enfin du fructose et du glucose qui ont des effets semblables.

Caractérisation des embryons d'origine somatique et zygotique du clone PB 260

Une étude a été entreprise pour définir les caractéristiques biochimiques des embryons somatiques aptes à se convertir et situer le niveau de maturité des embryons somatiques par rapport aux caractéristiques des embryons zygotiques immatures et matures. Les embryons immatures, âgés de 16 semaines après anthèse, possèdent des capacités de conversion *in vitro* équivalentes à celle des embryons à pleine maturité, âgés de 24 semaines après anthèse. L'analyse a porté sur les teneurs en sucres, protéines et éléments minéraux et sur les paramètres hydriques. Les caractéristiques biochimiques des embryons somatiques aptes à se convertir en plantules sont proches de celles des embryons zygotiques après deux semaines de maturation. Il apparaît donc que l'aptitude à la conversion *in vitro* est acquise chez l'embryon zygotique vers la seizième semaine après anthèse, soit huit semaines avant la maturation complète de la graine sur l'arbre. Cette phase finale de la maturation n'intervient donc pas directement dans le processus d'acquisition de l'aptitude à la germination. De même, dans le cas des embryons somatiques, des taux de germination-conversion en plants équivalents à ceux enregistrés avec les embryons zygotiques ont été obtenus en l'absence de phase de maturation spécifique et de phase de dessiccation.

Production d'embryons et de plantules

Clone PB 280

L'établissement de la lignée L1-94 du clone PB 280, a permis de produire plusieurs centaines d'embryons présentant des capacités de germination relativement

bonnes (30 % en moyenne). En conséquence, 260 plantules ont été sorties en acclimatation. Le taux d'acclimatation a été très bon chez ce clone (72 %) dont les plants étaient très vigoureux. Cette lignée L1-94 présentait un taux faible de prolifération et une forte hydricité. Les essais de régénération n'ont pas permis d'obtenir des embryons. Cette souche a été abandonnée. La deuxième lignée obtenue, L1-96, possède de bonnes caractéristiques au niveau du cal (structure, prolifération) et réagit positivement à l'induction de la régénération. Néanmoins, dans la majorité des cas, le phénomène avorte précocement : peu d'embryons sont formés et aucun vitroplant n'a été obtenu.

Clone PB 260

En 1996, 749 plantules ont été sorties en acclimatation. Le taux d'acclimatation est de 45 % chez le clone PB 260. En 1997, ce sont près de 4 000 vitroplants qui ont été produits et expédiés chez nos partenaires outre-mer pour acclimatation et mise en place d'essais en champ.

La production d'environ 1500 vitroplants par embryogenèse somatique a également été réalisée par transfert de la technique et des cals dans le laboratoire de culture *in vitro* de Michelin, à Clermont-Ferrand.

Il faut noter que la production de vitroplants chez ce clone a été considérablement affectée par l'absence de conversion de plusieurs milliers d'embryons de la première lignée, obtenue en 1993 : ce phénomène est attribué au vieillissement de la lignée LC 0193 après trois ans d'entretien sur milieu de prolifération. Il mériterait une étude approfondie, notamment pour étudier son caractère réversible-irréversible. Cet incident souligne l'intérêt de réinitier périodiquement de nouvelles lignées et celui de mettre au point une technique fiable de conservation des lignées embryogènes (cryoconservation). La production est

aujourd'hui poursuivie avec de nouvelles lignées obtenues en 1995.

On notera pour mémoire la production de 52 vitroplants du clone PR 107 (lignée L1-94) et 1 vitroplant d'un nouveau clone, le PB 310.

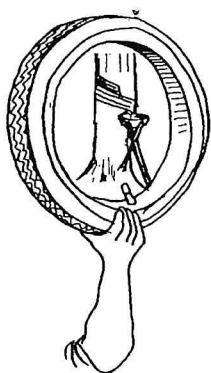
Essais en champ

Chez notre partenaire Idefor-dpl (Côte d'Ivoire), un suivi très précis se poursuit sur les 4 essais de vitroplants issus de microbouturage en cours (BM OM2 a et b, en saignée ; BM OV2 ; BM OV3 et BM OV4) et les 2 essais de vitroplants issus d'embryogenèse somatique (BM OV1 et BM OV5). Une analyse des données de croissance au cours des premières années en champ a été faite à partir des arbres de BM OM1, BM OV1 et BM OV3. Elle montre que la croissance des vitroplants est toujours supérieure ou égale à celle des plants greffés.

Deux nouveaux essais ont été mis en place en 1997. L'un concerne le clone PB 280 et compare le vitroplant avec le témoin greffé classique, le *seedling* PB 280 ill., et trois autres modalités de multiplication végétative de ce clone. L'autre, de type agronomique, compare des vitroplants du clone PB 260 avec le greffé classique (370 plants par traitement) ; cet essai fera l'objet d'une expérimentation sur l'exploitation. Ces essais portent à une dizaine d'hectares la surface en expérimentation de vitroplants à l'Idefor-dpl.

Près de 2 000 vitroplants ont été produits dans le cadre de la coopération avec Michelin. Le taux de réussite global à l'acclimatation est de 49 %.

Au Rrit (Thaïlande), environ 750 vitroplants du clone PB 260 ont été expédiés et une première parcelle a été mise en place à l'automne 1997 pour comparer les vitroplants et les hévéas greffés de façon classique.



Optimisation de l'exploitation de l'hévéa

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

J.M. Eschbach, responsable ;

E. Gohet, Y. Leroux, T. Michels, R. Lacote et J.L. Jacob.

La connaissance de la physiologie de la production du latex a conduit à optimiser l'exploitation de l'hévéa.

L'adaptation des fréquences de saignée et de stimulation, pour approcher le potentiel de productivité au plan du rendement du matériel végétal et du travail nécessaire à la récolte, est étudiée. Sur le terrain, dans un cadre expérimental, de nouveaux systèmes ainsi que des itinéraires techniques sont testés.

L'évaluation de l'état physiologique des hévéas en production, afin d'estimer les parcelles sous-, bien-, ou surexploitées, est effectuée annuellement sur différentes plantations en Afrique et en Asie afin d'aider à la politique d'exploitation.

Pour cela, le diagnostic latex et la typologie clonale du fonctionnement laticigène s'avèrent des outils méthodologiques précieux.

Mise en œuvre et amélioration du diagnostic latex

Au Cameroun

Des études pour simplifier la mesure de certains paramètres du diagnostic latex (DL) ont été réalisées, notamment en ce qui concerne l'extrait sec.

La caractérisation plus précise du profil physiologique de certains clones en champ de clones à grande échelle (CCGE) a été entreprise et, malgré des difficultés techniques, elle s'avère intéressante.

Les campagnes de DL de grandes plantations ont été poursuivies et enrichissent les bases de données de suivi de parcelles.

En Côte d'Ivoire

Des campagnes de DL ont également été réalisées sur de grandes plantations.

Des essais agronomiques ont permis d'affiner l'élaboration du diagnostic et d'améliorer les bases de l'interprétation des résultats.

En Indonésie

Le DL est réalisé dans de grandes plantations. Les résultats ont été examinés lors d'une mission d'expert.

Optimisation des systèmes d'exploitation au Cameroun

Des essais étudient les effets des différents systèmes de saignée et de stimulation sur la production et la croissance de différents clones sous diverses conditions écologiques.

Les fréquences de saignée de d/3, d/4, d/7, associées à des intensités de stimulation utilisant des concentrations d'Ethrel de 0,6 à 5 %, sont appliquées à différents clones. Les résultats confirment que la réduction de la fréquence de saignée, compensée par des stimulations adaptées, permet d'obtenir une production quasi équivalente.

Mais, dans ce cadre, la nature des clones joue un rôle considérable, eu égard à leur typologie laticigène qui répond bien différemment à l'effet éthylénique. Les clones à forte activité métabolique sont peu stimulables (PB 235, PB 260). En outre, il s'avère que le quart de spirale montante, aussi bien chez le GT 1 que chez le PR 107, est un système très performant s'il est accompagné d'une stimulation adéquate.

L'étude de l'influence du balancement de panneau annuel se poursuit.

Potentiel de production en Côte d'Ivoire

Cette recherche importante et à long terme, continue en Côte d'Ivoire. Elle permet de situer clairement les limites agronomiques de production des clones. Ces limites dépendent fondamentalement de la typologie laticigène des clones, mais aussi d'autres facteurs, tels que la situation de l'encoche de saignée sur le tronc, donc de l'âge des hévéas, des systèmes d'exploitation utilisés et des conditions écoclimatiques, tous capables de modifier la disponibilité en sucre des laticifères. Or ce facteur sous-tend directement la potentialité de production d'un arbre à un moment donné. Ce résultat majeur découle d'une expérience de longue durée (sept ans) qui se termine. Elle étudie, dans le cadre précédemment évoqué, la dynamique de cinq clones : PB 235, PB 217, AVROS 2037, AF 261.

Le PB 260 vient s'ajouter et compléter le large éventail typologique du matériel végétal testé.

Les principales conclusions sont :

- des clones de typologies différentes ne peuvent en aucun cas être exploités de la même façon ;
- les plantations d'hévéas doivent se faire en parcelles monoclonales ;
- la stimulation doit être adaptée selon les clones et permettre, sans toucher à l'intégrité physiologique des laticifères, de diminuer la fréquence de saignée tout en conservant la même production annuelle de latex. L'espacement des saignées économise l'écorce, diminue le stress de saignée, augmente la productivité de l'arbre et diminue les besoins en main-d'œuvre liés à son exploitation.

D'autres expériences de ce type sont entreprises sur d'autres clones pour préciser leur dynamique laticigène et tracer les limites de l'optimisation de leur exploitation.

Normes d'ouverture

Les expériences de longue durée se poursuivent. Si les ouvertures trop précoces se sont avérées le plus souvent néfastes à moyen terme, les ouvertures retardées doivent être examinées pour apprécier si le retard initial de la production, ne peut, au contraire se trouver comblé et être remplacé, à moyen terme, par une potentialité de rendement accru.

Ce phénomène est très probablement sous l'influence de la nature clonale des hévéas.

Nouveaux systèmes de saignée et de stimulation

Les résultats obtenus conduisent à encourager une utilisation de la stimulation, différente de celle actuellement mise en œuvre. En effet, l'effet bénéfique de la stimulation est lié à la disponibilité des latex en sucre. Or, les jeunes arbres ont des laticifères bien pourvus en saccharose. De ce fait, ils répondent bien aux traitements éthyléniques. En revanche, sur les panneaux plus âgés, lorsque l'encoche se rapproche du sol, deux phénomènes interviennent :

- l'alimentation hydrocarbonée devient plus difficile ;
- l'autostimulation induite par la succession de saignées diminue la potentialité de réponse à la stimulation.

Il faudrait donc mieux stimuler les arbres jeunes et, ultérieurement, modérer les traitements pour ne pas se trouver dans des situations de surstimulation qui enlèvent toute efficacité à un certain nombre d'applications d'Ethrel (coûts inutiles) et peuvent induire des mécanismes de dysfonctionnement laticigène (encoche sèche de fatigue).

Des expérimentations de portée moins générale se poursuivent, sont mises en œuvre ou sont prévues. Elles concernent l'exploitation par piqûre, les différents produits de stimulation et leur rémanence.



Connaissance des mécanismes du fonctionnement agrophysiologique de l'hévéa

Ont travaillé dans le cadre de ce projet :

J.L. Jacob, responsable ;

A. Clément-Vidal, E. Gohet, J.C. Prévôt, R. Lacote, P. Montoro, V. Pujade-Renaud, R. Gallois, V. Dubois et T. Joët (en préparation de Dea), P. Thaler (en préparation de thèse).

Partenaires : H. Chrestin (Orstom, Thaïlande), J. d'Auzac (Ustl, France), R. Gibrat et L. Pagès (Inra, France).

L'objectif de ce projet est de comprendre les mécanismes de la production de latex et leur régulation. Ses axes de recherche correspondent à des problématiques majeures dégagées au fil des études et des résultats obtenus. Ils s'inscrivent dans une démarche cohérente et continue. La modélisation biologique du système laticifère, dont la valorisation au plan appliqué est clairement démontrée (diagnostic latex, typologie clonale...), est directement issue de cette approche. Elle est incontournable pour l'optimisation de l'exploitation et la définition de nouveaux paramètres utiles à l'amélioration de l'*Hevea brasiliensis*. Il est donc indispensable de continuer à la faire évoluer et progresser.

Métabolisme énergétique du système laticifère

La disponibilité en énergie biochimique est un facteur majeur de la capacité du système laticifère à produire. Dans ce cadre, le métabolisme des adénosines phosphates s'avère un processus essentiel qu'il est nécessaire de bien connaître.

Dès 1995, le phosphoribosylpyrophosphate (Prpp) a été clairement identifié comme un facteur pouvant limiter la production des adénylates au sein de la cellule laticifère. Une étude de l'enzyme le produisant a été entreprise. Ainsi, la phosphoribosyl-pyrophosphate synthétase (Prs ; EC 2.7.6.1) a été recherchée au niveau du latex. Cette enzyme,

localisée dans le cytosol du latex, a été purifiée à homogénéité apparente (photo) et ses principales caractéristiques biochimiques ont été déterminées.

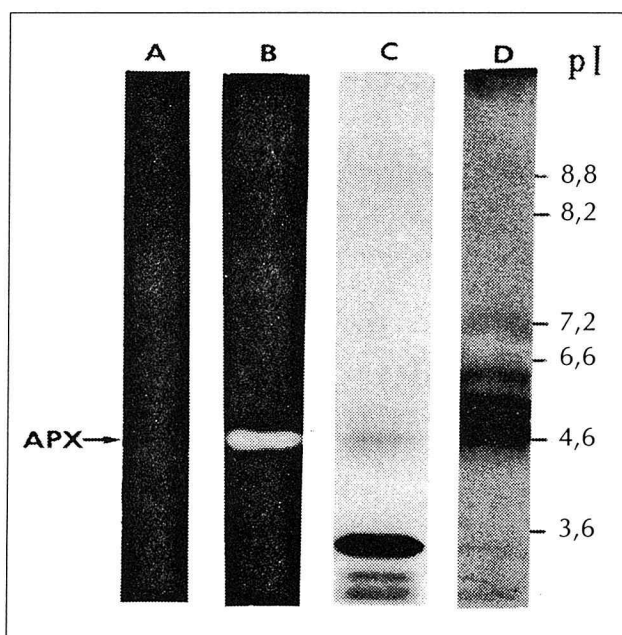


Photo. Mise en évidence et localisation des activités ascorbate peroxydase et gaïacol peroxydase. Des sérums bruts du clone GT 1 sont analysés après migration par électrofocalisation sur gels. Les activités peroxydases sont mises en évidence par des révélations spécifiques. Activités ascorbate peroxydase (A et B) et gaïacol peroxydase (C et D). B et C : sérum cytosolique. A et D : fraction sédimentable (lutoïdes et particules de Fray-Wyssling).

La Prs du latex s'avère très affine pour ses deux substrats, l'Atp ($200 \pm 30 \mu\text{M}$) et le ribose-5-P ($40 \pm 2 \mu\text{M}$). De plus, elle ne fonctionne qu'en présence de Mg^{2+} . Les teneurs en Mg^{2+} cytosolique classiquement observées permettront à l'enzyme de fonctionner. Cependant, les teneurs cytosoliques des deux substrats étant très proches des K_m , respectivement entre 180 et 220 μM pour l'Atp et entre 20 et 40 μM pour le ribose-5-P, la disponibilité de ces composés

constituera un point susceptible de contrôler l'activité Prs. Parmi les effecteurs recherchés, le Pi apparaît comme un activateur allostérique permettant, à des teneurs physiologiques (10 mM), une synthèse plus efficace du Prpp. La fonctionnalité de la Prs a été vérifiée en milieu paraphysiologique et semble effectivement catalyser une étape clef dans la régénération de l'énergie métabolique.

Systèmes antisénescents au sein des laticifères

La génération de molécules toxiques ($O_2^{\cdot-}$, H_2O_2 , OH^{\cdot} ,...) accompagne toujours le fonctionnement cellulaire. Elle est d'autant plus importante que l'activité métabolique est intense. Le tissu laticifère, perpétuellement en situation de régénération entre deux saignées, est donc fortement soumis à ce phénomène. Les mécanismes de détoxification de ces produits, qui évitent la dégradation membranaire des organelles intracellulaires conduisant à la compartimentation et au dysfonctionnement des laticifères (encoche sèche), ont un rôle essentiel dans la fonction laticigène.

Une recherche des peroxydases capables de faire disparaître l'hydroperoxyde (H_2O_2) a permis de mettre en évidence une ascorbate peroxydase. L'étude de cette enzyme et de son influence physiologique a donc été entreprise et menée à bien au cours de cette année. Elle possède un poids moléculaire de 67 ± 5 kDa et montre un spectre d'absorption similaire à celui des protéines hémiques. L'acide L-ascorbique est probablement le plus important, sinon le seul donneur d'électrons physiologiques qu'elle utilise. D'autres composés comme le pyrogallol, le guaïacol, le 4-méthyl catéchol, le catéchol, le *p*-phénylène diamine, peuvent aussi être utilisés par l'ascorbate peroxydase en tant que substrats réducteurs. Les K_m de l'enzyme pour l'ascorbate et l' H_2O_2 sont respectivement de 200 μM et 15 μM . L'azide de sodium, l'hydroxylamine, la cystéine, le dithiothréitol et le N-éthylmaléimide sont des inhibiteurs de l'activité enzymatique. Le fonctionnement de l'enzyme en milieu paraphysiologique dilué, le rôle protecteur et stabilisateur de l'ascorbate vis-à-vis de cette peroxydase, la concentration de ce substrat au sein des laticifères (2 à 4 mM) ainsi que la forte affinité de l'ascorbate peroxydase pour l' H_2O_2 laissent à penser qu'elle est effectivement responsable d'une détoxification efficace du H_2O_2 dans le latex.

Dans le même domaine, une autre enzyme, la glutathion peroxydase, a été mise en évidence au sein du cytosol du latex. Elle est capable de transformer H_2O_2 en H_2O_4 en oxydant le glutathion (Gsh) dont la concentration physiologique peut atteindre 1 à 2 mM.

Elle a pu être isolée et ses caractéristiques étudiées. Si son activité spécifique est plus faible que celle de l'ascorbate peroxydase, son affinité pour le peroxyde d'hydrogène est beaucoup plus forte (3 à 5 mM). Il est probable qu'elle intervient en premier dans la détoxification du H_2O_2 cellulaire, et qu'elle joue, de ce fait, un rôle de base dans le fonctionnement normal des laticifères.

En outre, il apparaît que si l'éthylène ne semble pas provoquer sa surexpression génique, celle-ci est en relation avec l'activité laticifère.

En effet, une relation hautement significative a été montrée entre l'activité spécifique de la Gsh peroxydase et la production de latex des hévéas étudiés. Plus leur intensité d'exploitation est élevée, et par conséquent plus ils donnent de latex, plus la Gsh peroxydase montre d'activité.

Régénération du latex : le potentiel de production en fonction de la typologie laticigène des clones

Après l'étude de la compétition entre croissance et production des clones, l'analyse du fonctionnement des laticifères dans cette même expérience de long terme (7 ans) a permis de comprendre la régulation du potentiel de production, et l'influence de l'origine clonale de l'hévéa.

Les paramètres du diagnostic latex (extrait sec, teneur en sucre, phosphore inorganique et thiols) ont permis de valider statistiquement le bien fondé de la méthode expérimentale, mais aussi de confirmer la représentativité physiologique de ces paramètres.

Le potentiel de production intraclonalement et interclonalement, qui peut se schématiser par la capacité à répondre à la stimulation, est directement lié à la disponibilité en sucre du latex des arbres.

De plus, le paramètre « teneur en sucre du latex », caractérisant le profil typologique clonal du fonctionnement des laticifères, est extrêmement important à situer dans le cadre de l'exploitation, mais aussi comme critère d'évaluation d'un nouveau clone.

Ce même critère montre une activation progressive du métabolisme laticigène des aires drainées en fonction du temps d'exploitation. Il en résulte une notion d'un niveau maximal de ce métabolisme qui ne peut être dépassé, et par conséquent, une diminution de la capacité des arbres à répondre à la stimulation. Ce phénomène ne semble pas totalement lié à la teneur en sucre du latex, mais implique aussi l'intégration d'autres mécanismes de régulation que la seule disponibilité en saccharose. Une nouvelle approche de l'optimisation de la stimulation hormonale apparaît

donc clairement. Elle est en étroite liaison avec la typologie clonale du fonctionnement laticifère définie par l'intensité de son métabolisme. Dans le cadre de l'évolution annuelle et sur un panneau déterminé, on retrouve les mêmes lois physiologiques que celles déterminées à partir de l'étude globale impliquant les moyennes paramétriques sur le long terme.

Enfin, la validité du diagnostic latex et de la typologie clonale est confirmée, et les résultats acquis permettent d'espérer une valorisation des recherches, sinon à court du moins à moyen terme, dans le cadre de l'amélioration des itinéraires techniques de l'exploitation.

Il faut souligner que ce travail de très haute qualité, fait progresser énormément la connaissance des mécanismes de la production de latex, leur régulation et leur limite, mais ouvre d'autres possibilités pour l'optimisation de l'exploitation.

Etude des aspects moléculaires de la fonction laticifère

Plusieurs volets couvraient ce domaine de recherche. L'influence de l'éthylène y est méticuleusement examinée.

- L'étude du métabolisme de l'azote et de la régénération du pool azoté par la glutamine synthétase (GS) se poursuit. L'éthylène induit une surexpression du gène de la GS, indépendamment de l'effet de saignée. Cette surexpression est très précoce, puisqu'elle est perceptible 6 h après le traitement.

- Dans le cadre des stress oxydatifs, l'éthylène induit une forte surexpression du gène de la Mn superoxyde dismutase (SOD), enzyme mitochondriale impliquée dans la détoxification de $O_2^{\cdot-}$. Par ailleurs, le niveau des ARNm des catalases détruisant H_2O_2 augmente après stimulation par l'éthylène, des arbres sains.

- Le clonage de promoteurs spécifiques des laticifères et/ou sensibles à l'éthylène a été entrepris. Plusieurs gènes s'exprimant fortement et exclusivement dans ce tissu ont été identifiés (*Rubber Elongation Factor*, hévéine). Pour l'instant, seul le clonage du promoteur du gène de l'hévéine a été développé. Ce travail suit son cours. En ce qui concerne les gènes sensibles à l'éthylène, la Gs a été choisie pour cloner son promoteur afin de pouvoir amplifier, de manière contrôlée, l'expression des transgènes par simple traitement éthylénique des plantes transformées. Le choix d'une technique de transformation pour l'analyse fonctionnelle des promoteurs, est étudiée : deux options ont été retenues, la transformation stable et l'expression génique transitoire. Outre l'adaptation des outils nécessaires à la problématique

élaborée, une étude de la méthodologie du transfert de gène est engagée.

Les recherches sont menées en Thaïlande en collaboration avec l'Orstom, le Rubber Research Institute of Thailand et l'université de Mahidol.

L'encoche sèche

Ce syndrome, qui peut se traduire dans tout le monde hévéicole par des pertes de production non négligeables, continue à donner lieu à de nombreux travaux. Il est étudié notamment au plan moléculaire en Thaïlande. Cette nouvelle approche, avec un outil scientifique très performant, peut éclairer ce problème physiologique extrêmement complexe encore mal, sinon pas, compris. Il offre la possibilité de relier les événements phénotypiques au fonctionnement du génome et d'étudier la régulation de son expression *in situ*.

L'étude a débuté par le criblage électrophorétique des protéines cytosoliques et la comparaison des profils obtenus entre arbres sains et malades.

Des modifications nettes, en relation avec l'apparition du syndrome d'encoche sèche, sont apparues. Certaines protéines sont surexprimées, d'autant plus que la maladie s'aggrave. C'est le cas d'une 22 kDa (Pfd22). D'autres semblent synthétisées *de novo* lors de la manifestation de l'encoche sèche.

La cinétique de la maladie est en cours d'examen et donne déjà lieu à des résultats intéressants qu'il faudra valider, en les reliant aux données de production et de DL.

Au plan basique, la Pfd22 a été purifiée à 80 % et des essais d'obtention d'anticorps sont tentés dans le but d'analyser facilement l'expression de cette protéine par le test Elisa.

Un microséquençage de Pfd22 à partir de bandes électrophorétiques, indique une homologie avec le *Rubber Elongation Factor* (REF) du latex (69 %) dans la partie 5' du clone, avec un gène codant pour une protéine de stress chez le haricot (64 %) dans la partie 3'.

Cet axe de recherche apparaît fructueux et se poursuit.

Etude du développement racinaire

Le système racinaire dépend des parties aériennes pour son alimentation en assimilats carbonés, mais ce facteur n'a pas la même influence sur les différentes racines et les différents processus de développement. En conséquence, l'hypothèse que la compétition pour les assimilats affecte la croissance globale mais également l'architecture racinaire, a été testée.

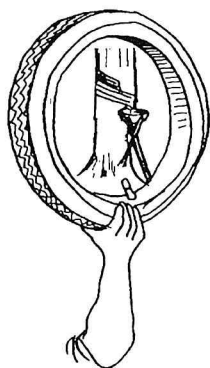
Des suivis de jeunes hêvéas en rhizotrons, en conditions contrôlées, montrent que la croissance des racines varie en opposition de phase avec la croissance aérienne. L'élongation des ramifications est plus sensible à la concurrence aérienne ou à une limitation de la photosynthèse, que celle des axes principaux alors que davantage de nouvelles racines sont initiées pendant la croissance des feuilles. Les structures racinaires mises en place varient donc selon le contexte trophique. La réaction d'une racine au niveau de compétition dépend de son potentiel de croissance, indiqué par le diamètre de son apex.

Ces résultats ont été intégrés dans un modèle de développement racinaire dans lequel la croissance

de chaque racine est déterminée individuellement, en fonction de son potentiel et de la disponibilité en assimilats, évalués à l'échelle de la plante entière.

Les simulations montrent que les hypothèses proposées peuvent rendre compte de l'essentiel des variations observées dans le développement du système racinaire, en fonction du contexte trophique. La définition du diamètre apical initial et l'évolution de l'élongation potentielle de chaque racine suffisent à simuler des cinétiques qui recouvrent l'ensemble de la gamme observée. La formalisation des voies de transfert pourrait améliorer les aptitudes du modèle.

Ce travail rigoureux et de haut niveau scientifique a été mené en collaboration avec l'Inra d'Avignon.



Etude du fonctionnement des cultures associées à base d'hévéas

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

M. Delabarre, responsable ;

F. Enjalric.

Partenaires : J. Keli (Idefor, Côte d'Ivoire), G. Wibawa (Irri, Indonésie), W. Ziebell (Cath, Gabon), Pr Leihner (université d'Hohenheim, Allemagne), J.M. Meynard (Inra Paris-Grignon, France).

L'étude entreprise a pour objectif de mieux comprendre le fonctionnement agrophysiologique des associations hévéa-cultures vivrières mises en place par les agriculteurs dans les premières années suivant la plantation. Elle permettra d'identifier les facteurs limitants majeurs, donc d'améliorer la croissance et la production de ces systèmes de culture.

A la fin de cette quatrième année du projet, les cycles culturaux se sont poursuivis dans les parcelles d'hévéas dont les âges sont différents selon les pays : trois ans en Indonésie, trois ans et cinq mois en Côte d'Ivoire et deux ans et sept mois au Gabon.

Les résultats précédents sont en général confirmés par ceux de cette année et des conclusions préliminaires peuvent être dégagées.

Compétition pour la lumière

Le développement des arbres à trois ans est généralement considéré comme non limitant pour les cultures associées. Par la suite, la fermeture progressive des couronnes des hévéas induit une forte diminution de rendement de la culture intercalaire.

Il existe une correspondance étroite entre la surface du rayonnement par un système de culture et son indice de surface foliaire. Les mesures effectuées sur trois positions de la parcelle ont permis, au Gabon, de mettre en évidence des différences entre les cinq cultures testées. Ainsi, au centre de la parcelle, le système hévéa-*pueraria* indique le potentiel de la couverture du sol le plus important, alors que sur sol nu, c'est à partir de trois ans que l'hévéa intercepte le rayonnement d'une manière de plus en plus efficace. En bordure, le système hévéa-*pueraria* est le plus efficace en interception, comme précédemment, et les différences avec le sol nu sont minimales par rapport aux volumes

du centre de la parcelle. Quant aux valeurs relevées sur la ligne de plantation, il ressort que l'hévéa n'est pratiquement pas affecté dans son développement végétatif et arrive à intercepter presque la même quantité du rayonnement incident avec ou sans cultures intercalaires.

Compétition pour l'eau

Au Gabon, les mesures réalisées montrent que l'humidité du sol est liée à la profondeur et que pour un même niveau de prélèvement, les fluctuations saisonnières apparaissent supérieures aux différences entre positions de prélèvement et cultures intercalaires. Cependant, aux niveaux 60 et 90, le système hévéa-*pueraria* présente une humidité plus faible. Cette différence serait liée à une consommation d'eau par le *pueraria*, ce qui expliquerait une plus faible croissance des hévéas.

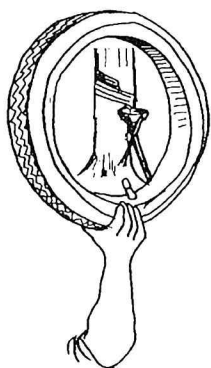
En Indonésie, il apparaît également que les différences sont minimales entre les traitements et que l'eau ne constitue pas le premier facteur influençant le développement de l'hévéa, celui-ci étant probablement affecté par la pauvreté chimique du sol.

Compétition pour les éléments minéraux

Les analyses minérales effectuées sur les cultures intercalaires et sur les feuilles d'hévéa montrent qu'en Côte d'Ivoire sur manioc, les exportations, en dehors des tubercules eux-mêmes, sont nettement supérieures aux apports effectués. Cette forte exportation d'éléments serait à mettre en relation avec un plus faible développement des hévéas.

En Indonésie, l'analyse des feuilles d'hévéas ne permet pas d'observer une différence significative entre les traitements.

Au Gabon, on constate un appauvrissement en C, N, P, K et bases échangeables surtout avec le traitement « rotation », ainsi qu'une forte hausse du taux d'argile de 0 à 30 cm pour tous les traitements.



Mise au point d'itinéraires techniques adaptés à des systèmes de cultures à base d'hévéas

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

M. Delabarre, responsable ;

J. Guyot, Tran Van Canh, F. Rivano, B. Jobbé-Duval, J.M. Eschbach, E. Penot, F. Enjalric.

Partenaires : B.G. Dea (Idefor-dpl, Côte d'Ivoire), O. Mba (Cath, Gabon), G. Wibaya (Irri, Indonésie), Tron Thi Thuy Hoa (Ircv, Vietnam).

Maladies et parasites de l'hévéa

L'arrêt de la défoliation artificielle entraîne un retour des arbres à une défoliation naturelle incomplète en mars, et une refoliation en mars-avril, exposée aux attaques de *Colletotrichum gloeosporioides*. Le champignon est toujours suffisamment pressant sur la plantation pour engendrer des épidémies dès que les conditions lui sont favorables.

Sur GT 1, même pour des parcelles traitées sur trois années consécutives, la dégradation du feuillage qui résulte de l'arrêt de la défoliation artificielle est forte.

Sur PB 235, l'arrêt de la défoliation artificielle sur une parcelle traitée une seule année a pour conséquence une dégradation de l'état sanitaire du feuillage mais la baisse de la densité foliaire ne s'en ressent pas aussi nettement que sur GT 1.

La mise en place de traitements fongicides au cours de la refoliation nécessite une forte homogénéité phénologique des hévéas et un suivi du champignon, afin de déterminer le moment idéal d'intervention. Cela nécessite des moyens humains importants et une très grande flexibilité d'intervention. Ces conditions n'étant pas réunies à l'heure actuelle, cette méthode ne peut pas encore être retenue, d'autant plus que son effet ne se prolonge que partiellement en seconde année.

Une amélioration significative de la densité foliaire grâce à la lutte contre l'anthracnose se traduit pour GT 1 par une augmentation rapide et significative de la production couvrant au moins le coût du traitement. Cet effet s'ajoute à ses autres avantages : réduction des coûts d'entretien, saignée plus aisée et plus rapide du fait du moindre enherbement, réduction espérée de l'incidence des loranthacées, diminution du risque de casse au vent.

D'un point de vue expérimental, la technique de défoliation artificielle est au point et efficace et les travaux futurs pourront s'orienter vers l'optimisation de la lutte par traitement fongicide en cours de refoliation, ou vers la lutte fongicide sur feuillage âgé avant la défoliation artificielle, à l'aide de triazoles, afin de réduire au maximum l'inoculum primaire à l'origine des épidémies de mars-avril.

Colletotrichum gloeosporioides

En 1996-1997, les travaux menés au Cath (Gabon) ont porté sur :

- la dynamique de la production d'inoculum dans une parcelle d'hévéa ;
- la recherche de sources d'inoculum primaire (organes d'hévéas morts ou vivants, litière) ;
- l'identification des conditions de dispersion de cet inoculum ;
- les premières études sur la durée de viabilité des spores et sur les composantes de la résistance de l'hôte et de l'agressivité du parasite ;
- la recherche d'un milieu de culture permettant une bonne mise en évidence de la présence de *Colletotrichum* dans divers organes.

Ces travaux ont permis de mettre en évidence :

- la production permanente d'un inoculum apte à contaminer les feuilles dès que les conditions deviennent favorables ;
- le déclenchement d'une épidémie sans nécessité d'une très forte pression d'inoculum ;
- la dispersion des spores sur plusieurs dizaines de mètres sous l'action du vent ;
- l'importante réserve d'inoculum sur les fruits de certains clones ;
- la capacité du champignon à se maintenir au sein d'organes végétatifs vivants (pétioles, feuilles âgées, rameaux) ;
- l'absence apparente de sporulation au niveau de ces organes ;
- la constitution d'un réservoir de vieux acervules, sur fruits momifiés, pointes sèches ou vieilles nécroses, suffisant pour assurer la transition entre deux saisons pluvieuses et infecter les nouvelles poussées foliaires ;

- l'efficacité de la lutte chimique par voie aérienne au moyen de Delsene 75 ou de Calidan. Elle doit être envisagée lorsque la plantation présente des attaques significatives. Le coût à l'hectare des traitements aériens est estimé à 135 500 FCA au Cameroun.

Loranthus (Phrogmentera capitata)

Au Cameroun, selon le clone, le nombre de touffes de *Loranthus* par arbre s'accroît différemment d'une année sur l'autre mais est, en général, très important. Ainsi, l'accroissement du nombre de touffes a été, entre 1995 et 1997, de :

- 118 % pour le GT1 ;
- 108 % pour le PB 217 ;
- 79 % pour le PB 235 ;
- 77 % pour le PB 260.

L'impact du *Loranthus* sur la production varie selon le clone :

- sur PB 260, l'incidence est négative pendant les mois de stress hydrique (janvier, février, juin, septembre et décembre) correspondant à la grande et à la petite saison sèche ;
- sur PB 217, l'incidence négative du *Loranthus* n'apparaît qu'au mois de décembre ;
- sur GT1, l'incidence négative apparaît de manière significative en janvier.

Pour ce qui concerne la croissance des arbres, le *Loranthus* a une incidence négative hautement significative dans le cas de PB 217.

Les essais de lutte chimique au moyen de différentes spécialités injectées à l'aisselle des branches porteuses mettent en évidence :

- l'absence d'effet phytotoxique sur les hévéas des préparations commerciales aux doses employées ;
- une efficacité du Miesangling nettement supérieure à celle du glyphosate.

Un autre essai à plus forte concentration a montré que :

- le glyphosate est moins intéressant que le Miesangling 3 ;

- la phytotoxicité du Miesangling 3 à l'encontre des hévéas constitue un facteur limitant des doses applicables ;
- malgré la toxicité du Miesangling 3 envers le *Loranthus*, ce parasite ne perd que rarement la totalité de ses feuilles et après une défoliation massive, la majorité des touffes refolient. Par ailleurs, le produit n'est pas efficace sur le *Loranthus* à fleurs jaunes qui est l'espèce la plus répandue.

Des essais complémentaires incluant le Fomesafen sont souhaitables.

Evolution des attaques de *Fomes* sur plantations

Dans les plantations villageoises, établies sur sable tertiaire depuis 8 ans, le taux moyen de plants morts avec

présence du rhizomorphes sur le pivot, s'élève à 17 %. Les plants correspondent dans 51 % des cas aux emplacements détectés comme infectés avant plantation.

Dans le sud-est de la Côte d'Ivoire, sur replantation de 7 ans, 3,7 % des plants ont été décimés par la maladie. On constate également, 6 ans après plantage, que le taux d'arbres atteints de *Fomes* est plus important dans les parcelles plantées derrière forêt (11,9 % avec abattage manuel, 5,4 % avec abattage mécanique et lame en V) que dans les parcelles plantées derrière jachère (4,8 % avec abattage manuel ; 2,8 % avec abattage mécanique et lame en V).

A l'Idéfor-dpl, 3 ans après la replantation de vieilles cultures fortement endommagées par le *Fomes*, abattues manuellement sans extraction des souches, une très nette incidence bénéfique de la pratique d'isolement des souches résiduelles a pu être mise en évidence :

- 16 % de plants atteints de *Fomes* pour le témoin (souches résiduelles non isolées) ;
- 5,6 % de plants atteints quand les souches résiduelles des hévéas morts ou malades avant abattage sont isolées ;
- 3,5 % des plants atteints seulement quand toutes les souches résiduelles sont isolées.

Méthodes de lutte

Lutte chimique

En Côte d'Ivoire, les essais de fongicides montrent que :

- Bayfidan 1Gr (triadiménol), Vectra 1Gr (bromuconazole) et Atemi 5 (cypconazole) ont une efficacité équivalente contre *Fomes* ;
- à dose inférieure à celle recommandée (0,3 g de matière active par arbre au lieu de 0,5 g), Atemi 5, Bayfidan, Vectra et Sumi 8 ont une efficacité diminuée ;
- la lutte chimique contre *Fomes* permet de sauver plus de 45 % des arbres malades et de protéger 95 % des arbres sains en contact direct avec les foyers d'infection.

Au Cameroun, Bayfidan 1Gr conduit à des résultats médiocres comparés à ceux d'Alta 100 SL, Anvil et Atemi 5.

Lutte génétique

Les essais poursuivis en Côte d'Ivoire mettent en évidence que :

- 14 ans après la mise en place, il ne reste que 81 arbres survivants sur 1 920 individus initiaux ;
- 16 ans après la mise en place d'un autre essai (1981), il ne reste que 106 survivants sur 1 180 plants initiaux.

Ces résultats montrent qu'il doit exister des individus tolérants au *Fomes*. Il reste, bien évidemment, à multiplier végétativement ce matériel pour vérifier la résistance au *Fomes*.

Techniques culturelles

Côte d'Ivoire

Le projet de recherche d'accompagnement du développement hévéicole en milieu villageois mis en place avec l'Apph s'est poursuivi avec, pour objectif, la mise à disposition des encadreurs du projet et des planteurs d'un ensemble de recommandations concernant :

- la prévention, la détection et le traitement du *Fomes* ;
- la saignée à longueur d'encoche réduite (quart de spirale) ;
- la saignée inversée ;
- le choix des clones ;
- le choix des variétés de cultures vivrières à haut potentiel et des techniques culturelles les plus appropriées en association avec l'hévéa.

Six modules de formation ont été proposés aux encadreurs, concernant :

- les maladies de l'hévéa et les méthodes de lutte, en particulier contre le *Fomes* ;
- l'exploitation de l'hévéa en milieu non industriel ;
- la description des clones étudiés ;
- l'établissement des pépinières ;
- l'entretien des interlignes ;
- les associations culturelles.

Guatemala

Dans le cadre de notre intervention à la Gremial de Huleros, deux actions ont été entreprises. Elles concernent :

- la comparaison, dans les conditions de la côte sud du Pacifique caractérisée par une longue saison sèche de 6 mois, de différentes techniques de préparation du matériel végétal pour plantation (*stumps* en sacs débouffés de 20 mois, plants en sacs débouffés de 20 mois, plants en sacs débouffés de 8 mois, etc.) ;
- une mission de nutrition minérale pour préparer la mise en place, à partir de 1997, d'un réseau d'essais de fertilisation sur jeunes cultures et en plantations adultes, ainsi que l'étude cartographique et de caractérisation des sols aptes à la culture de l'hévéa.

Par ailleurs, sur deux essais d'exploitation mis en place sur RRIM 600 (clone planté à plus de 40 % au Guatemala) et visant à comparer différentes fréquences de saignée associées à la stimulation hormonale à l'Ethrel, une meilleure rentabilité des systèmes de saignée à fréquence réduite (tous les 3 jours ou tous les 4 jours par rapport au système traditionnel de saignée tous les deux jours) a pu être mise en évidence.

Ces systèmes à fréquence réduite offrent aussi des avantages sur le plan agronomique : consommation d'écorce réduite, incidence des maladies fongiques de panneaux plus faible, taux d'encoches sèches sensiblement diminué.

Ces résultats sont très encourageants si l'on tient compte du fait que seulement 12 % des plantations saignent leurs arbres en S/2 d/3 en utilisant la stimulation hormonale et que le passage de S/2 d/2 à S/2 d/3 est incontournable à court terme.

Dans la région d'Izabal, un essai comparatif de différents systèmes de saignée a été mis en place sur une jeune plantation dès l'ouverture, sur le clone IAN 873 dont la typologie clonale est mal connue. Les résultats d'un an de production montrent déjà la supériorité du système en S/2 d/3 stimulé par rapport aux autres systèmes.

En ce qui concerne les plantations âgées de plus de 35 ans, qui arrivent en fin d'exploitation, des essais de saignée intensive avant abattage ont été mis en place cette année.

Mexique

Sur financement partiel du ministère des affaires étrangères, le Cirad appuie depuis juillet la réalisation du *Programa Nacional del Hule*, visant à porter les surfaces en hévéa de 15 000 ha à l'heure actuelle à 40 000 ha en 2001. Les Etats concernés, Veracruz, Oaxaca, Tabasco et Chiapas, possèdent un potentiel toutefois supérieur, probablement de plus de 500 000 ha selon l'Inifap et le Cmh, partenaires du Cirad.

La formation du personnel d'encadrement des programmes régionaux, l'élaboration de schémas pour la fourniture de matériel végétal en quantité et qualité suffisantes aux petits planteurs et la cartographie des zones potentiellement affectées par *Microcyclus ulei* sont les trois axes principaux de cette coopération. Celle-ci pourrait participer à faire du Mexique le premier producteur de caoutchouc naturel en Amérique centrale, comme le justifient sa consommation interne de 80 000 t, et son intégration dans l'Alena, l'un des plus grands marchés au monde pour le caoutchouc naturel.

Le Mexique, l'un des pays ayant le plus souffert de la déforestation, ne conserve que 1 à 2 % de sa forêt d'origine. La relance de l'hévéaculture est donc importante aussi sur le plan écologique, dans des régions aujourd'hui essentiellement tournées vers l'élevage.

Indonésie

Le programme de recherche Srap (*Smallholder Rubber Agroforestry Project*) vise à mettre au point des systèmes agroforestiers complexes à base d'hévéas à forte productivité, tout en conservant tous les avantages en termes de biodiversité et de maintien de

l'environnement écologique de type forestier des agroforêts traditionnelles. Les partenaires de ce projet sont le Cirad, l'Orstom, l'Icraf et le Gapkindo, sur un financement Icraf/Gapkindo/Adp-Usaid. Les partenaires locaux sont la station de recherche hévéicole de Sembawa (Irri/Sembawa, Sud-Sumatra), le Crifc de Bogor pour les cultures intercalaires, le projet Sfdp/Gtz à Ouest-Kalimantan, le Projet Pro-Rlk/Gtz et le Disbun à Ouest-Sumatra.

Le réseau d'expérimentation en milieu paysan a été étendu en 1996 à 100 parcelles et trois systèmes sont testés dans des provinces représentatives. RAS 1 est un *jungle rubber*, dans lequel la seule modification apportée au système consiste au remplacement des *seedlings* d'hévéa traditionnellement utilisés par des clones adaptés à ces conditions particulières de culture, où l'hévéa est en compétition avec le recrû naturel forestier. Plusieurs densités de plantation, niveaux d'entretien et niveaux de fumure sont testés. RAS 2 et 3 sont des systèmes agroforestiers complexes où les éléments de la combinaison hévéa-arbres associés sont choisis dès la plantation. RAS 2 est un système intensif centré sur les cultures intercalaires en période immature. Plusieurs formules sont testées avec des rotations, des variétés améliorées de riz pluvial et plusieurs niveaux de fumure ainsi que des combinaisons différentes entre hévéa et arbres associés avec des densités de plantation ou des espacements variables. Dans le cas du RAS 3, si le planteur ne souhaite pas cultiver de cultures intercalaires, l'enjeu est d'assurer une bonne couverture du sol avec un minimum d'entretien pour lutter contre l'*Imperata*. On teste alors des plantes de couvertures non grimpantes, plus ou moins autorégulantes ou améliorant la fertilité du sol, combinées à des plantes arbustives d'ombrage à usages multiples ou des arbres à croissance rapide pour la production de pâte à papier.

Une analyse économique préalable coût-bénéfice en valeur nette actualisée sur la totalité de la durée de vie du système a été réalisée afin de tester, sur la base des hypothèses préalables et des premiers résultats des essais en cours, la validité économique de ces systèmes : la productivité du travail est sensiblement améliorée et la rentabilité globale des systèmes est en tous cas comparable aux systèmes de monoculture, et quelquefois supérieure.

Un programme de création de matériel végétal clonal a été mis en place avec 11 jardins à bois de type villageois, gérés par des groupes informels de producteurs. Le projet travaille également avec deux écoles d'agriculture tant pour l'expérimentation que pour les jardins à bois. L'objectif du programme est de mieux connaître les contraintes qui conditionnent la production de clones par les planteurs eux-mêmes. Deux facteurs semblent prépondérants : des sources fiables de matériel végétal primaire (bois de greffe certifié) et la gestion collective du parc.

Vietnam

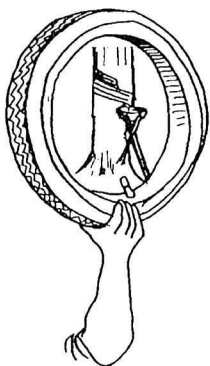
Une coopération scientifique et technique, financée par le ministère des affaires étrangères, est en cours depuis 1990 avec l'Institut de recherches sur le caoutchouc au Vietnam (Ircv). L'objectif de cette coopération est d'établir un réseau de parcelles expérimentales pour accompagner le développement de l'hévéa-culture dans trois provinces de la région où la culture de l'hévéa n'est pas traditionnelle, compte tenu de l'altitude et des contraintes climatiques. L'installation d'une antenne de l'Ircv à Pleiku (Gia Lai) a facilité les opérations de mise en place et de suivi de l'expérimentation. Après sept années de coopération, le bilan des réalisations est significatif.

- Fourniture de matériel végétal performant : depuis 1993, 138 780 mètres de bois de greffe, dont plus de 75 % en 1996 et 1997, ont été transférés du Sud sur les hauts plateaux en vue d'une diversification clonale indispensable. Une mission du Cirad a eu lieu début 1997 pour certification par électrophorèse de la pureté des jardins à bois de l'Ircv et des plantations industrielles. Le transfert de technologie est en cours et un stage de formation a eu lieu à Montpellier pour un chercheur vietnamien.

- Test de matériel végétal adapté : l'installation et le suivi de 14 champs comparatifs de clones ont conduit à la recommandation de clones adaptés aux conditions agroclimatiques locales : PB 235, RRIC 110, VM 515, GT 1 et RRIM 600. Dans les provinces côtières, 4 champs de clones ont été établis en 1997.

- Mise au point de références agronomiques régionales : la mise en place et le suivi de 4 essais locaux de plantes de couverture (*Pueraria*, *Calopogonium* et *Centrosema*), de 4 essais de fertilisation minérale et de 4 essais de saignée déterminent les meilleures conditions d'installation des jeunes cultures et d'exploitation des cultures adultes. Les résultats des essais d'engrais sont les plus spectaculaires à 7 ans sur terres rouges, alors que les essais de plantes de couverture ne permettent pas encore de préconiser des itinéraires techniques adaptés. Grâce à l'utilisation de la stimulation, la production par saigneur et la production par hectare sont augmentées de façon significative.

Un programme de développement agricole dans les 11 provinces de la région des hauts plateaux et de la zone côtière voisine est envisagé avec, dans une première phase, un projet de plantation de 50 000 à 60 000 ha en six ans. La Caisse française de développement et la Banque mondiale ont financé, début 1997, l'étude de faisabilité de ce projet de diversification agricole à base d'hévéas, étude à laquelle ont participé quatre départements du Cirad (Ca, Cp, Flhor et Sar).



Analyse et correction de la variabilité du produit caoutchouc

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

J.C. Laigneau, responsable ;

H. de Livonnière, S. Palu, M. Rondet, J. Sainte Beuve,
C. Cloux, ainsi que F. Gaussen, P. Henneresse,
A. de Lipowski, C. Le Bonte et S. Doupeux (CSN).

Elaboration et appui technique à la mise en place d'un outil de spécification

En 1996 et 1997, le programme hévéa a continué à apporter son appui :

- aux producteurs africains, cambodgiens et vietnamiens ;
- aux organismes de normalisation Afnor et Iso.

Appui aux producteurs africains

Dans le cadre de l'assistance technique au projet d'amélioration de la qualité du caoutchouc en Afrique (Acna), financé par le Cfc (*Common Fund for Commodities*) et par la Coopération technique française, nous avons participé à différentes activités :

- évaluation des systèmes de production et de contrôle de la qualité du caoutchouc naturel en Afrique (Côte d'Ivoire, Cameroun, Gabon, Nigeria) ;
- mise en place d'une norme africaine dénommée Sar (*Standard African Rubber*) comprenant :
 - la définition des classes de spécification et de leurs limites ;
 - l'origine des matières premières ;
 - les principes d'acceptation et de rejet ;
 - les principes de déclassement ;
 - les codes de couleur de l'emballage ;
 - l'échantillonnage ;
 - les méthodes d'homogénéisation.

Appui aux producteurs du Cameroun

Au Cameroun l'usine de Tiko a été récemment réouverte ; 1996 a été une période de rodage pour une future homologation par les pneumatiquiers en 1997. Le marché n'étant pas porteur, la chaîne latex a été très peu utilisée. On note l'apparition d'un *dry-prebreaker* pour le réusinage des productions hors standard. Le laboratoire central de spécification de Tiko est opérationnel pour la certification en Iso 2000 sauf concernant le test azote ; les laboratoires d'usine étant utilisés pour le contrôle de production à Mukonje et Penda-mboko. Comme chaque année il a été constaté une chute du PRI pendant la période mi-novembre, mi-mars, c'est-à-dire avant la défoliation.

Des essais de recherche-développement ont permis de mettre en évidence l'influence de la concentration de la solution d'acide phosphorique sur la sensibilité à la thermo-oxydation du caoutchouc naturel. Il semblerait que la durée de trempage (supérieure à 10 secondes) n'ait pas d'influence sur la remontée du PRI.

D'autre part, des essais réalisés sur la variabilité intra-balle ont montré, sur du TSR 10 traité à l'acide phosphorique, une bonne homogénéité sur les critères rhéologiques (P_o , V_M) mais une dispersion importante sur le PRI (écart de 20 points entre deux coins d'une même balle).

Une étude sur l'influence de l'origine des fonds de tasses sur la variabilité intra-balle du caoutchouc naturel a été entreprise à la station Ira d'Ekona au Cameroun. Pour trois origines différentes (fonds de tasses industriels, villageois et coagulum des champs), il n'a pas été montré d'influence significative de la position géographique du prélèvement sur les valeurs de la plasticité initiale et de la sensibilité à la thermo-oxydation. En revanche, l'influence de la durée du séchage a été confirmée sur la valeur de la plasticité et de la consistance Mooney.

Appui aux producteurs du Cambodge

Dans le cadre de l'accord entre le gouvernement de la République française et le Conseil national suprême du Cambodge dans le domaine de l'hévéaculture, un expert du Cirad a permis :

- de suivre et de réceptionner les travaux de rénovation du laboratoire national de contrôle de qualité du caoutchouc naturel Khmer ;
- l'installation partielle du matériel de laboratoire ;
- la formation du personnel affecté au laboratoire, qui a porté essentiellement sur l'usinage du caoutchouc naturel, la spécification suivant la norme Iso 2000, la gestion et l'organisation du laboratoire, l'utilisation des logiciels.

Appui aux producteurs du Vietnam

Au Vietnam, dans le cadre du projet de réhabilitation de l'hévéaculture financé par la Banque mondiale, l'expert Cirad détaché en tant que conseiller auprès de la Grc (General Rubber Corporation) a participé au suivi et à la construction de quatre usines de production de granulés de caoutchouc naturel. Il a supervisé une étude sur le traitement des effluents des usines de caoutchouc en conformité avec, d'une part les nouvelles lois de protection de l'environnement au Vietnam, d'autre part la politique de la Banque mondiale.

Appui à l'Iso et à l'Afnor

Président de la sous-commission caoutchouc naturel Afnor-Aficep-Bnc, le programme hévéa a animé plusieurs réunions consacrées à la révision des normes suivantes :

- Iso 248 (matières volatiles) ;
- Iso 1657 (teneur en fer) ;
- Iso 4660 (indice de couleur).

Les participants à la réunion annuelle de 1996, qui s'est tenue à Cap-Town en Afrique du Sud, ont proposé de transformer la norme Iso 2000 en un guide pour la spécification du caoutchouc naturel. En 1997, un compromis technique n'a pu être trouvé avec les pays producteurs d'Asie. Le différend porte sur le refus d'indiquer précisément l'origine de la matière première des différentes classes de l'Iso 2000.

Dans la sous-commission latex, la révision quinquennale des normes s'est poursuivie normalement. Un travail important a été effectué au sein de l'Iso, pour la mise au point d'une méthode de dosage des protéines dans les gants.

Etude des facteurs de variabilité du caoutchouc

Avec la mise en place du projet Acna, la diversification des lieux d'expérimentation sur le terrain et l'apparition de nouvelles méthodes d'analyses, il a semblé nécessaire de rationaliser et de standardiser la saisie des résultats de façon à pouvoir les centraliser pour une interprétation plus rationnelle. Dans cet esprit, il a été décidé d'écrire un logiciel de gestion de données sous forme d'une application de FoxPro. La première version, dénommée Hevetec, est en cours d'évaluation à Montpellier et en Côte d'Ivoire.

Influence clonale et saisonnière

L'influence prépondérante du facteur saison, puis du facteur clone (PB 235 et GT 1), sur l'indice de rétention de plasticité (Pri), la masse moléculaire en nombre et l'indice de polymolécularité, est apparue dans le cadre d'une thèse sur l'influence du séchage en tant que facteur de correction de la variabilité.

Sensibilité à l'oxydation du caoutchouc

A Hévécam, un protocole d'étude sur l'utilisation d'un certain nombre de produits chimiques pour améliorer le Pri des caoutchoucs Tsr 10 a été mis en place. Les produits ont été choisis pour tenter de déterminer la nature des réactions intervenant au cours de la maturation des fonds de tasse. Il apparaît que :

- les composés réducteurs améliorent pas ou peu le Pri ;
- les composés complexant les métaux poisons permettent une remontée significative du Pri ;
- les produits anti-bactériens améliorent nettement le Pri ;
- l'eau oxygénée permet d'éviter la baisse du Pri, qui dans certains cas, peut s'accompagner d'une baisse de la plasticité initiale.

Influence des conditions d'usage

Une étude d'orientation a pu mettre en évidence l'hétérogénéité de certains critères de qualité au sein d'une balle de caoutchouc de type Tsr 10 d'origine villageoise ou industrielle. Les dispersions les plus grandes ont été observées, sur les valeurs de Pri (15 à 62 %) et sur les teneurs en impuretés (0,01 à 0,1 %) pour du caoutchouc d'origine villageoise. En revanche, les valeurs des grandeurs moléculaires sont peu dispersées. La position du prélèvement sur la balle a une grande importance sur la valeur moyenne des résultats, pour l'échantillonnage étudié sur un tirage aléatoire d'une production industrielle.

Dans le cadre des études sur le séchage, et à partir du logiciel d'assistance à la conception de séchoirs industriels, le Cirad a participé à la création d'une installation prototype de 450 kg/h construite par la société Gauthier sur financement de l'Anvar. Après un essai sur le site d'assemblage, ce séchoir a été transféré en Côte d'Ivoire pour une campagne. Les premiers essais pour optimiser les consommations énergétiques et les rendements ont montré une dispersion relativement importante au niveau des températures dans les paniers due, semble-t-il, à des problèmes de régulation des brûleurs.

Une autre étude a montré l'influence des conditions thermodynamiques du séchage sur la variabilité des caractéristiques technologiques du caoutchouc ainsi que le poids respectif de chacun des paramètres. Il semblerait que la vitesse de l'air asséchant ait une influence sur la valeur de la plasticité initiale du caoutchouc.

La boucle de séchage est revenue du Cameroun pour une révision complète réalisée actuellement à l'université Montpellier II (laboratoire de mécanique et de génie civil).

Séchage et qualité

Au terme de cette étude, concrétisée par une thèse, on constate :

- une diminution des masses en « Z » au cours du séchage suivant une loi de type exponentielle. Cela conduit nécessairement à un resserrement de la distribution au détriment de la bimodalité des distributions initiales ;
- une croissance suivie d'une décroissance de la plasticité initiale. En effet, on constate, d'une manière générale, qu'il existe une période d'induction dont la durée dépend de la température, suivie d'une période

où les réactions de réticulation prédominent conduisant à une augmentation de la plasticité. Cette deuxième période dépend des conditions oxydatives (vitesse de l'air et température) et, de ce fait, peut disparaître dans des conditions thermodynamiques sévères. En fin de séchage, la plasticité diminue dès que la température dépasse 112° C ;

- une diminution de la recouvrance qui dépend à la fois, de la durée et de la température, ce qui conduit à mettre en évidence une zone critique de dégradation. La recouvrance permet de séparer nettement les échantillons provenant des deux clones, alors que leurs grandeurs moléculaires et leur plasticité initiale ne permettent pas de les distinguer. On peut alors faire l'hypothèse suivante : la recouvrance, telle que mesurée par l'élasticimètre, rend plutôt compte des teneurs et structures des fractions gel (micro et macro) que des grandeurs moléculaires de la fraction soluble ;

- un niveau moyen exceptionnellement bas du Pri par rapport aux moyennes industrielles constatées les années précédentes. Cette anomalie proviendrait d'une conjoncture défavorable clone-climat vérifiée sur les productions industrielles de l'époque. Malgré cela, on a pu mettre en évidence une forte interaction saison-clone et une influence des conditions oxydatives au cours du séchage en relation avec la vitesse de l'air asséchant. La plasticité après vieillissement (P_{30}) est, dans le cadre de cette étude, bien corrélée avec le Pri du fait d'une faible variation des plasticités initiales. On assiste cependant à une chute brutale des valeurs de ce critère en fin de séchage, chute d'autant plus importante que la température et la durée sont élevées.

L'ensemble de ces observations conduit à considérer que les clones GT 1 et PB 235 produisent des caoutchoucs dont les fonds de tasses diffèrent par leur réactivité. Le clone GT 1 est le plus réactif.



Modification des caractéristiques du caoutchouc brut pour une meilleure adéquation aux besoins de l'industrie et pour de nouvelles utilisations

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

H. de Livonnière, responsable ;

F. Bonfils.

Partenaires : G. Boccacio (Cttm-Irap, France), K. Polo (Acna).

Le caoutchouc naturel représente près de 40 % du marché des élastomères. Réservé à des domaines spécifiques où il excelle : pneumatique, liaisons élastiques automobile, adhésifs, articles à paroi mince, il est partout pénalisé dans l'industrie du fait de son origine agricole et de la grande dispersion des sites de production. Le manufacturier lui reproche sa trop grande variabilité d'un lot à l'autre, et parfois son manque d'interchangeabilité d'une plantation à l'autre. Son comportement, lors de sa mise en œuvre et en service, n'est pas encore aujourd'hui clairement relié à sa structure —macromolécule polyisoprénique— et aux facteurs agricoles.

Les objectifs du projet sont donc :

- de doter le programme hévéa d'outils permettant de mieux connaître les structures des polyisoprènes naturels (grandeurs moléculaires et gel), dont le rôle est fondamental lors de la mise en œuvre du caoutchouc naturel ;
- d'essayer de comprendre pourquoi le caoutchouc naturel récolté après maturation sur champ a un comportement étonnamment variable sous l'effet d'un vieillissement accéléré : Pri ou sensibilité à leur oxydation.

Une composante fondamentale du projet est le contact avec l'ensemble de la profession : l'industrie manufacturière, les producteurs et les organisations professionnelles. Leur écoute permet d'avoir une approche à la fois générale et précise de la variabilité du caoutchouc naturel.

Etudes des grandeurs moléculaires du caoutchouc naturel

Les recherches réalisées sur les grandeurs moléculaires du caoutchouc naturel concernent l'analyse de

la partie soluble du matériau par chromatographie d'exclusion stérique (Sec) et l'étude quantitative et qualitative de la partie insoluble (macrogel).

La partie soluble est constituée de chaînes linéaires (ou ramifiées) de polyisoprène (pi) et de micro-agrégats (microgel). Le microgel est éliminé lors de la micro-filtration des solutions avant injection en Sec. Ainsi, la méthodologie utilisée jusqu'alors en Sec ne permettait de quantifier que la longueur moyenne des chaînes de Pi soluble (Mn, Mp,...) et le macrogel, séparé par ultracentrifugation. La nouvelle étude mesure le taux de microgel dans un échantillon de caoutchouc naturel par Sec.

En effet, il est possible, en théorie, d'évaluer cette quantité à partir de la surface du pic « caoutchouc » du chromatogramme obtenu par Sec. Le taux de microgel est inversement proportionnel à l'aire du pic caoutchouc.

Cette étude a d'abord évalué la reproductibilité des résultats. En fait, cette dernière est étroitement liée au seuil de filtration utilisé. En filtrant sur 0,45 μm , la dispersion des surfaces (microgel) oscille entre 12 et 90 % ; sur 1 μm , elle fluctue entre 8 et 23 % selon l'échantillon de caoutchouc naturel analysé.

La deuxième étape a consisté à identifier les causes de la variabilité importante de la surface du pic caoutchouc. Les essais réalisés ont montré que la principale cause de cette dispersion sur les surfaces était l'homogénéité de l'échantillon de caoutchouc naturel.

Etude de l'oxydabilité du caoutchouc naturel

Deux expérimentations sont réalisées dans le cadre de cette opération :

- la poursuite de l'étude du caoutchouc naturel par analyse enthalpique différentielle (Dsc) ;
- l'étude des cinétiques de thermo-oxydation du caoutchouc naturel en étuve Pri.

Etude du caoutchouc naturel par Dsc

L'objectif de cette étude est de mettre au point une mesure de l'oxydabilité du caoutchouc naturel, à partir de quantités microscopiques de matière par la recherche d'une corrélation Dsc-Pri.

L'étude consiste à analyser par Sec des échantillons passés en Dsc. Elle montre que le pic d'oxydation déterminé par Dsc n'est pas lié aux scissions de chaînes mais à la réticulation, ceci tant en mode isotherme (température = 160 °C) qu'en mode dynamique (50 °C < T < 300 °C).

Cinétique de thermo-oxydation en étuve Pri

L'objectif principal est d'essayer de comprendre les phénomènes impliqués en étuve Pri au niveau macromoléculaire afin de pouvoir justifier l'importance industrielle du Pri.

Cette étude a permis de mettre en évidence plusieurs faits importants.

- Il existe une très bonne corrélation entre la plasticité (P) et la masse molaire moyenne en poids (M_p) après vieillissement ($r = 0,97$). Elle est nettement moins bonne avant vieillissement ($r = 0,67$), probablement à cause de la présence de gel et/ou de microgel qui sont partiellement détruits au cours du vieillissement en étuve à 140 °C.

Chaque famille étudiée a un comportement distinct de celui des autres familles en ce qui concerne la relation $P = f(M_p)$ (après vieillissement).

- Les cinétiques d'oxydation, mesurées par la diminution de plasticité en étuve Pri, au cours des 30 premières minutes, sont d'ordre zéro. La mise en évidence d'une réaction d'ordre zéro est très importante car ceci signifierait que l'oxydation du caoutchouc naturel industriel brut est indépendante de sa composition chimique intrinsèque. Un tel résultat pose un problème de fond quant aux mécanismes responsables de la dégradation du caoutchouc naturel dans le cadre du test Pri. Ceci impliquerait que les cinétiques de thermo-oxydation du caoutchouc naturel, en termes de plasticité, traduisent un phénomène global où intervient une compétition entre scissions de chaînes et réticulation.

- Enfin, l'ensemble de ces travaux a conduit à une relation simple entre la M_p et le Pri, comme le laissait penser la littérature. On pourrait donc évaluer le Pri par Sec en utilisant quelques gouttes de latex. Cette méthode nécessite tout de même une mise au point préalable (conditions de maturation, épaisseur du film...).

Viscoélasticité du caoutchouc brut

Le prototype d'un élasticimètre a été mis au point dans le cadre du programme de recherches conjoint Cirad-cp et Cttm-lrap, pour fournir aux industriels des informations complémentaires sur le comportement en fluage et reprise élastique du caoutchouc brut. Pour effectuer les mesures, il est nécessaire d'avoir des éprouvettes cylindriques rigoureusement calibrées. Elles sont obtenues par moulage de caoutchouc homogénéisé ou de mélange cru, procédé lent et délicat à mettre en œuvre. C'est pourquoi, un outil de découpe directe dans une tranche de caoutchouc a été mis au point. Un emporte-pièce rotatif permet d'obtenir rapidement des cylindres de 16 mm de diamètre.

L'année 1996 a été consacrée à la mise au point d'un dispositif permettant d'araser la base et le sommet des cylindres, afin d'avoir une hauteur de 16 mm. L'ensemble emporte-pièce et dispositif d'arasage permet l'obtention, à partir de caoutchouc brut non homogénéisé, d'éprouvettes rigoureusement calibrées.

Des contacts sont en cours avec l'industrie manufacturière pour valider ce prototype en usine. Un financement international est recherché pour développer l'appareil.

Réalisation de coupages de caoutchouc naturel de haute masse moléculaire et liquide « Nr-Lnr »

Dans le cadre de projets Unido, le Cirad a développé, jusqu'au stade pré-industriel, un procédé de dépolymérisation du caoutchouc naturel en phase latex qui produit divers grades de caoutchoucs liquides, modifiés ultérieurement ou non par époxydation (Lnr et Elnr) et de coupages avec du caoutchouc de fortes masses moléculaires.

La phénylhydrazine, réactif principal utilisé dans ce procédé de dépolymérisation, présente trois inconvénients : le coût, la toxicité et l'obtention de polymères fortement colorés. Un autre procédé, basé sur l'utilisation d'un système redox qui ne présente pas les mêmes inconvénients, a été expérimenté.

L'étude visait à d'acquérir la maîtrise de ce nouveau procédé de dépolymérisation en étudiant l'influence des principaux paramètres expérimentaux sur les masses moléculaires des caoutchoucs naturels dépolymérisés Lnr obtenus, ainsi que de démontrer l'aptitude à préparer des coupages Nr-Lnr.

L'intérêt d'utiliser le Lnr (caoutchouc naturel liquide sec) comme modificateur de viscosité en masse (*Bulk*

Viscosity Modifier) permettrait ainsi de réduire la durée du mélangeage, tout en améliorant la qualité du mélange (diminution ou suppression du plastifiant). L'incorporation de caoutchouc liquide au stade latex en coupage avec du latex des champs, caoutchouc de haute masse, réduit les coûts de préparation car il évite la coagulation et le séchage du Lnr.

Le nouveau procédé de dépolymérisation permet d'obtenir, en phase latex, du caoutchouc naturel de masse moléculaire contrôlée pouvant atteindre 6 000 environ. La coagulation du latex Lnr par le méthanol et un séchage sous vide, conduit à un Lnr de couleur jaune clair ; en revanche, un séchage thermique sous air provoque la coloration marron foncé comme pour les Lnr obtenus avec la phénylhydrazine.

Les coupages Nr-Lnr peuvent être facilement obtenus par coagulation du mélange des deux latex et usinage traditionnel. Ce nouveau grade présente une distribution de masses moléculaires plus larges avec, notamment, une présence augmentée de faibles masses capables de favoriser la mise en oeuvre.

A titre d'exemple, en partant d'un latex Nr de viscosité Mooney (Vm) 95, on peut obtenir :

- Vm = 81 et Vm = 67 pour des coupages 95/5 et 90/10 à base de Lnr de masse 20 000 ;
- Vm = 79 et Vm = 65 pour des coupages 95/5 et 90/10 à base de Lnr de masse 7 000.

Il reste à confirmer, par des études de rhéologie et de comportement ou mélangeage, que l'on retrouve bien avec ces coupages l'effet modificateur de viscosité en masse, et à transposer le procédé au stade industriel.

Contacts avec l'industrie manufacturière

Dans le cadre de l'Atp sur la qualité, une enquête a été réalisée par l'Ensam sur la qualité chez les manufacturiers utilisateurs de caoutchouc naturel. Cette enquête a mis en évidence trois niveaux d'exigence de qualité, fonction du niveau de consommation annuelle :

- 20 à 500 tonnes : prééminence du prix sur la qualité, achat de grades standard Tsr sans contrôle à la réception ;
- 500 à 2 000 tonnes : existence d'un cahier des charges, en général plus contraignant que la norme élaboré avec le fournisseur-distributeur, choix des origines de préférence malaises ;
- supérieure à 2 000 tonnes : mise en place, avec des plantations d'Asie ou d'Afrique, de procédures d'homologation sur la base de critères techniques plus exigeants que la norme internationale ; visites sur le terrain et contrôle de la matière première sur champ et des *process* en usine, pour assurer et garantir la qualité.

Afin de mieux cerner ces notions de qualité et de variabilité du caoutchouc naturel et de mettre en place

des coopérations producteurs-Cirad-industriels, des contacts plus approfondis ont été repris avec certains industriels rencontrés au cours de cette enquête.

Recherches de nouveaux projets et relations internationales

Projet Acna

Le projet intitulé *Amélioration de la qualité et contrôle de la qualité du caoutchouc naturel africain* a démarré officiellement le 1^{er} juillet 1997. Financé par le Fonds commun pour les produits de base à hauteur de 2 927 802 \$US, il bénéficie d'un cofinancement du Gouvernement français de 533 037 \$US. L'Inro, à Kuala Lumpur, est l'organisme de surveillance et l'Acna (Association professionnelle du caoutchouc naturel africain), l'agence d'exécution, tandis que le programme hévéa assure, sous contrat, l'assistance technique du projet.

L'objectif principal du projet est d'améliorer l'image de marque du caoutchouc naturel africain, donc de réduire sa décote sur le marché international par la mise au point d'un label commun aux producteurs africains.

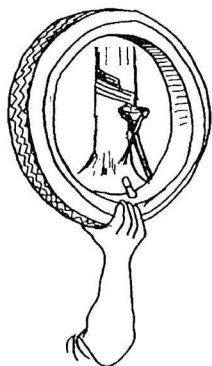
La réhabilitation des laboratoires de référence dépendant des instituts de recherche nationaux du Cameroun, de Côte d'Ivoire, du Gabon et du Nigeria, par l'acquisition de matériel moderne et la formation de cadres et de techniciens, est un autre objectif du projet. Ces laboratoires, fonctionnant en réseau avec les laboratoires d'usine des sociétés membres de l'Acna, assureront la validation du label sur le terrain. En juillet 1996, une mission d'experts Acna-Cirad a confirmé ou ajusté les besoins en équipement des laboratoires de référence.

En décembre 1997, un forum réunissant les directeurs d'usines, les chefs de laboratoires d'usine et des instituts, ainsi que les experts Acna-Cirad a adopté un schéma de spécification commun.

Autres projets

Des contacts ont été établis avec l'expert du ministère de l'industrie chargé des matières plastiques et du caoutchouc, afin de définir la place du programme hévéa au sein de l'industrie de transformation et des producteurs ou associations de producteurs : mise en place d'études en partenariat à deux ou à trois.

Un suivi des projets présenté dans le cadre de l'Irsg (International Rubber Study Group) a été assuré, en particulier à propos d'un projet anglais de mise au point d'un équipement capable d'apprécier l'aptitude à la mise en oeuvre du caoutchouc.



Systèmes de production hévéicole et politiques de développement

A participé à la réalisation de ce projet :

E. Penot.

Faute d'un responsable (démission de A. Gouyon fin 1995), les activités de ce projet sont restées limitées à la poursuite de notre contribution au Srap (*Smallholder Rubber Agroforestry Project*), projet de recherche développé en Indonésie en commun avec le Gapkindo (association des usiniers indonésiens du caoutchouc) et l'Icraf.

Parallèlement à l'expérimentation mise en place en milieu paysan avec une approche participative (projet 7), des enquêtes sur les systèmes d'exploitation pratiqués ont été lancées avec pour objectifs :

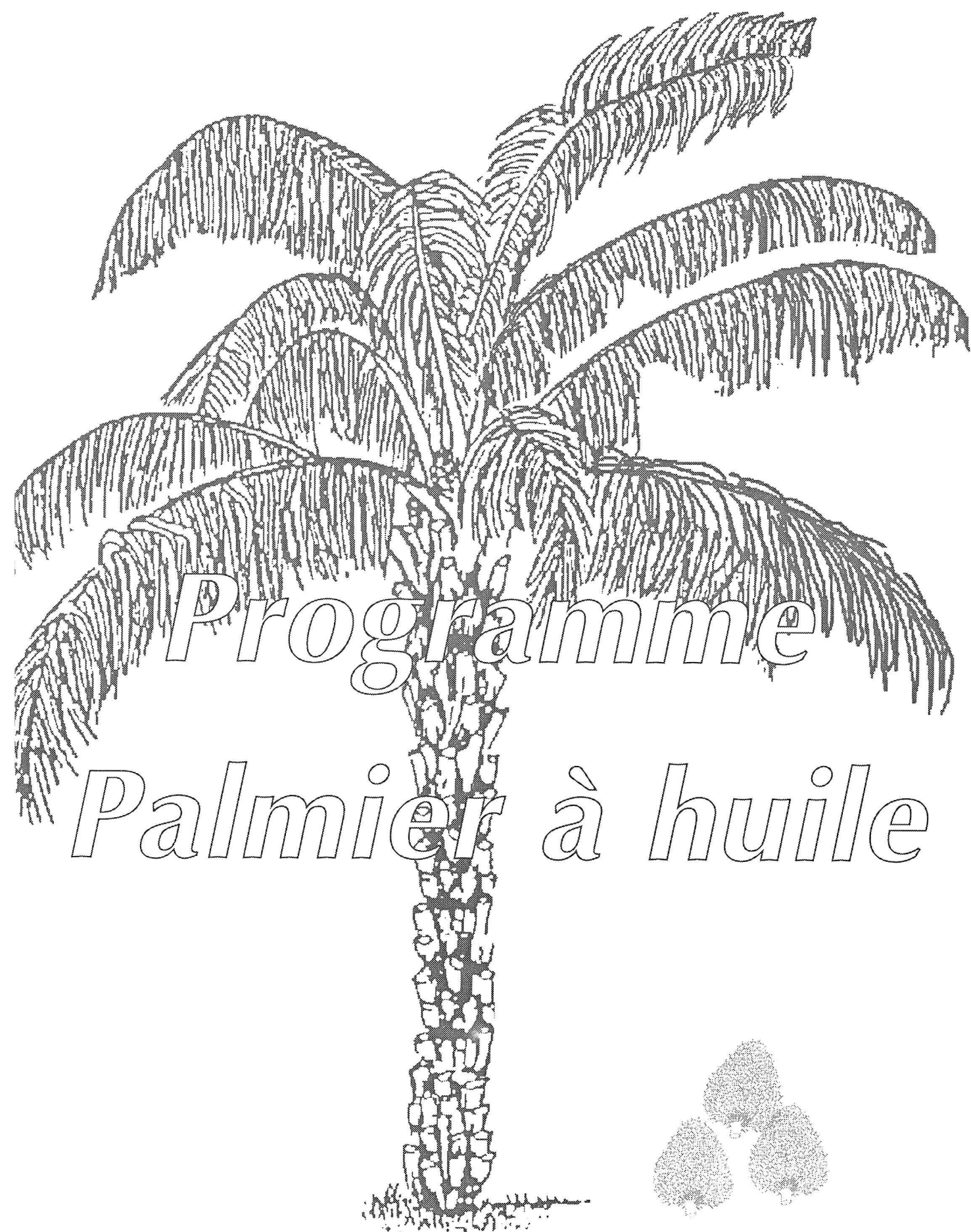
- la connaissance des contraintes et opportunités d'adaptation des innovations techniques proposées ;

- l'identification d'une typologie opérationnelle de situations et de systèmes de production ;

- la connaissance de la filière de production de matériel végétal clonal (pépiniéristes privés, services de vulgarisation et jardin à bois villageois du projet Srap).

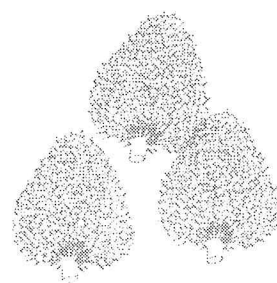
Fin 1997, une étude a été lancée pour identifier les stratégies paysannes face à différents types de projets hévéicoles.

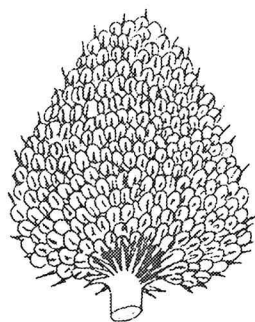
Le développement de ces activités dans les trois provinces concernées par le projet Srap permet de couvrir un large éventail de situations physiques (zones forestières, zone dégradée de type savane à *Imperata* et zone de transmigration) et socio-économiques avec des populations et des niveaux d'accès aux innovations techniques différents.



Programme

Palmier à huile





Introduction

Conjoncture de la filière

Le marché de l'huile de palme est florissant. Les volumes importants mis sur le marché depuis une quinzaine d'années, les efforts de promotion, et la recherche à laquelle le Cirad a pris une large part, ont contribué à étendre et conforter la position des produits du palmier sur un marché mondial des huiles en pleine expansion.

La structure chimique de l'huile de palme lui confère des débouchés, sans équivalent, pour la table, la margarinerie, les cosmétiques et l'oléochimie en général. L'huile de palmiste est désormais un complément majeur de l'huile de coco.

Malgré un essor fulgurant, notamment en Asie, des incertitudes demeurent. Les prévisions de production dérivent dans le flou en raison des statistiques incertaines en Indonésie dues :

- aux conséquences encore peu mesurables des effets de la sécheresse sévère et de la baisse de l'ensoleillement sur la production à cause d'El Niño prononcé au second semestre de 1997 ;
- aux incertitudes monétaires dans cette même zone et à leur incidence sur le pouvoir d'achat des populations de ces pays émergents ;

- à la concurrence des nouvelles huiles de tournesol et de colza *high oleic*, dans le secteur des *cooking oils*, qui peut, d'ici 5 ans perturber le marché.

La Malaisie et l'Indonésie assurent 80 % des 17 millions de t d'huile de palme produite dans le monde, avec une hausse de 7 % en moyenne en 1996 et de 8,5 % en 1997 (tableau 1). Les productions restent stagnantes, voire en légère baisse en Afrique et ont tendance à s'accroître en Amérique latine, particulièrement en Colombie. Les écarts entre productions et exportations augmentent, conséquence d'une utilisation de plus en plus importante dans les pays producteurs (figure 1). Le cours de l'huile de palme, en croissance continue de 1990 à 1995, a tendance à se stabiliser autour de 550 \$US la tonne en 1996-1997 (figure 1).

La demande excessive de semences de palmier à huile a entraîné une pénurie en Indonésie. Cela nuit à la qualité du matériel diffusé et des plantations réalisées rendant incertaines les récoltes à venir. L'imprévisibilité de la situation politique indonésienne et la taxation des produits de base qui ne manquera pas d'intervenir, risquent de ralentir l'essor de ces dernières années.

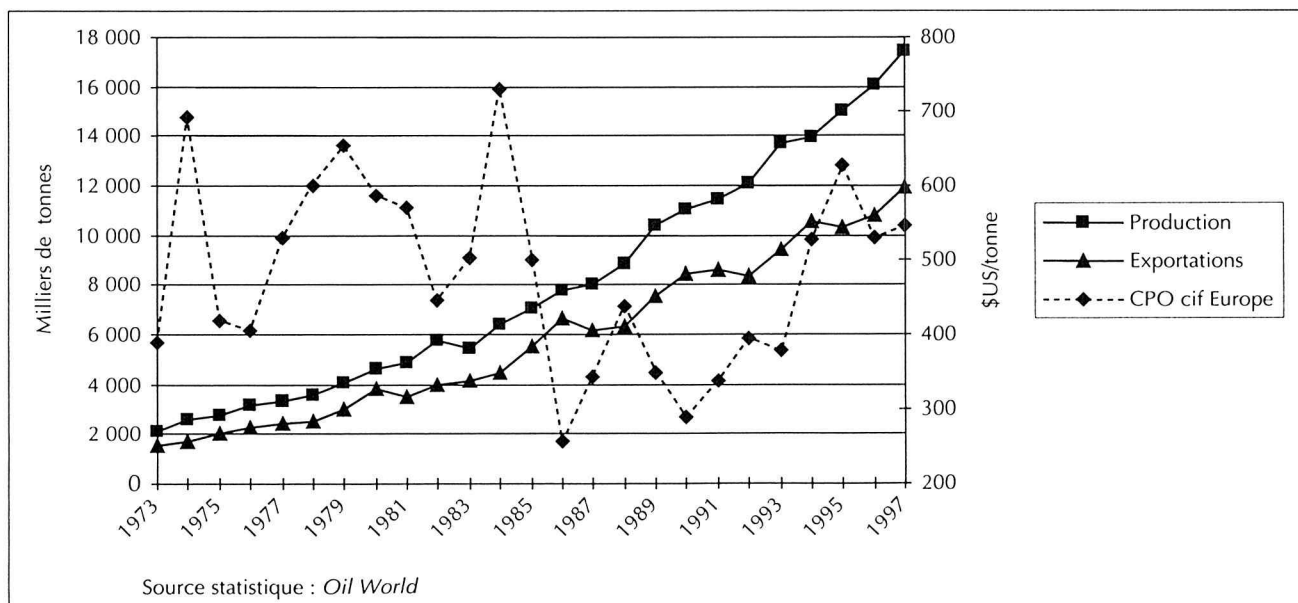


Figure 1. Prix, production et exportations d'huile de palme dans le monde.

Tableau 1. Production, exportations, importations, consommation, stocks et prix de l'huile de palme de 1995 à 1997.

Production en milliers de tonnes				
	1995	1996	1997	
Monde	15 000	16 073	17 450	
Indonésie	4 040	4 450	4 990	
Malaisie	7 811	8 386	9 108	
Nigeria	630	620	620	
Colombie	388	411	440	
Exportations en milliers de tonnes				
	1995	1996	1997	
Monde	10 285	10 799	11 900	
Indonésie	1 790	1 958	2 580	
Malaisie	6 643	7 230	7 740	
Importations en milliers de tonnes				
	1995	1996	1997	
Monde	10 424	10 699	11 772	
Chine	1 595	1 370	1 780	
Inde	860	1 249	1 301	
Japon	351	361	380	
Pakistan	1 122	1 133	1 168	
UE	1 745	1 861	1 997	
Consommation en milliers de tonnes				
	1995	1996	1997	
Monde	14 627	16 042	17 220	
Chine	1 305	1 211	1 661	
Inde	768	1 222	1 290	
Indonésie	2 115	2 503	2 730	
Malaisie	1 098	1 236	1 192	
Pakistan	1 177	1 148	1 118	
Nigeria	698	732	752	
UE	1 698	1 803	1 915	
Stocks mondiaux en fin d'année en milliers de tonnes				
	1995	1996	1997	
Monde	2 794	2 724	2 960	
Chine	235	250	290	
Indonésie	550	650	550	
Malaisie	860	794	1 000	
Prix internationaux en \$US par tonne				
Huile de palme brute, cif N O Europe				
	1994	1995	1996	1997
	528	628	531	546

Source : *Oil World*.

En Indonésie, la situation paraît néanmoins confortable pour quelques années encore, compte tenu des coûts de productions proches de 150 \$ la tonne, mais des inconnues subsistent.

- Le *Fair Act* américain, qui privilégie le soja, risque d'avoir des conséquences à long terme. Les accroissements record attendus des surfaces plantées en soja, joints au boom des exportations asiatiques, peuvent entraîner, ponctuellement, une situation de surproduction. A l'inverse, une augmentation du niveau de vie en Asie et en Afrique induirait une consommation accrue des produits alimentaires et non alimentaires à base d'huile, que les exportations indonésiennes, plus faibles que prévues, ne satisferaient que partiellement.

- La convergence d'opinions sur un déficit ou un excédent futur du marché peut induire des prix à la hausse ou à la baisse, en disproportion totale de l'écart réel entre l'offre et la demande. Ces mouvements chaotiques, s'ils sont répétés, ôtent au marché son pouvoir autorégulateur et le poussent à agir irrationnellement.

Programme palmier

Projet 1 : Création de palmiers à potentiel élevé de production en huile de qualité

Les points forts de ce projet pour 1996 et 1997 ont été :

- l'étude de la diversité génétique d'*Elaeis oleifera* qui a permis d'identifier quatre groupes géographiques distincts parmi les populations examinées ;
- la mise en évidence de caractéristiques propres de rythme de production des différents types de matériel végétal en fonction des alternances climatiques ;
- l'identification de marqueurs moléculaires pour l'épaisseur de la coque ;
- la caractérisation du comportement au champ de clones et la mise en évidence de différents mécanismes de résistance.

La mise en place d'un programme conjoint avec le Porim pour l'étude de l'anomalie *mantled*.

Projet 2 : Etude de l'agrosystème palmier et de son fonctionnement à l'échelle de les parcelles

Les premières applications de la modélisation de l'architecture du système racinaire (thèse de C. Jourdan) ont pu être développées et mises au point : quantification de l'occupation des systèmes racinaires ; estimation de la biomasse des racines ; évaluation des

surfaces absorbantes des racines. La forte sécheresse qui a sévi en Indonésie pendant l'année 1997 a permis de mettre à profit les données des études physiologiques entreprises par E. Lamade et d'appliquer le modèle pour estimer l'incidence sur la production de la sécheresse et de la baisse significative du rayonnements solaire due au nuage de fumée.

Projet 3 : Evolution agronomique de l'espace constitué par les plantations industrielles et villageoises

Au Cameroun, des essais portant sur l'utilisation raisonnée des râfles ont pu être mis en place en vue d'évaluer leur incidence fertilisante et leur rôle dans l'amélioration des caractéristiques physico-chimiques des sols. En Indonésie, un vaste réseau d'expériences a pu se développer avec un partenaire privé (PT Smart) pour étudier les facteurs agronomiques des variations du rendement et l'effet des techniques culturales sur l'évolution du milieu.

Projet 4 : Mise au point d'itinéraires techniques adaptés à l'environnement

La validation des barèmes de fumures appliquées dans différentes situations du Cameroun a pu être effectuée grâce à la mise en place d'un réseau expérimental sur différentes plantations. En Indonésie, un effort particulier a porté sur l'analyse des résultats d'essais de nutrition minérale en vue d'une amélioration de la gestion de la fertilisation dans différentes situations écologiques, en tenant compte de différents paramètres économiques.

Les études entreprises sur la recherche des phéromones d'*Oryctes rhinoceros* ont été poursuivies et ont permis de mettre au point les modalités pratiques d'utilisation de phéromones d'agrégation.

Il est désormais établi que *Pareuchaetes* joue un rôle important dans la réduction du *Chromolaena* dans le contexte de Sumatra. A Kalimantan, où le *Chromolaena* a une vigueur importante, l'action de *Pareuchaetes* reste à confirmer.

L'appui technique à de nombreuses plantations, notamment en Amérique latine, permet d'améliorer et de compléter l'efficacité des itinéraires techniques établis à partir d'un réseau expérimental. L'assistance technique vers l'Afrique reprend.

Projet 5 : Les endémies mal connues du palmier à huile

La pourriture du cœur ne cesse de progresser en Amérique latine. Aucun programme de recherche

n'est en place pour identifier l'agent causal. La variabilité des symptômes, maintenant constatée, fait naître de nombreuses hypothèses sur l'origine de la maladie et apporte beaucoup de confusion dans la compréhension de ce fléau. Un programme génétique est en cours de réalisation pour évaluer la valeur agronomique des hybrides *E. oleifera* et *E. guineensis*.

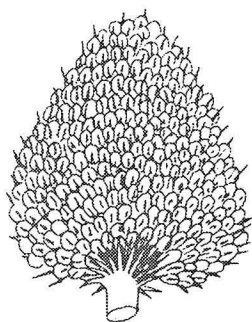
La variabilité des trypanosomatides associés à la *marchitez* du palmier et au *hartrot* du cocotier a été confirmée par l'analyse du polymorphisme de l'ADN total amplifié au hasard (Rapid).

Projet 6 : Extraction de l'huile de palme et ses relations avec la plantation

Le Procédé Drupalm®, maintenant breveté, a été présenté au Pipoc en 1996 et exposé dans différentes manifestations. Le démarrage d'une ligne de production basée sur ce procédé reste désormais l'objectif principal. Dans le domaine de la technologie, le Cirad continue d'apporter, son appui aux huileries de palme de différentes sociétés en Afrique, et son expertise en Asie.

Projet 7 : Lipochimie appliquée à la valorisation des produits du palmier à huile

La coopération avec le Porim dans le domaine de la fabrication de cétones se maintient grâce à l'accueil réciproque de chercheurs, au Cirad et au Porim. La collaboration avec le secteur industriel reste néanmoins en sommeil, tant qu'une unité pilote de production n'aura pas été mise en service. Dans le domaine de l'utilisation énergétique des huiles végétales, l'influence de la composition des carburants sur les performances des moteurs a pu être mise en évidence. Les huiles lauriques sont les plus aptes à être utilisées en tant que carburants. Un raffinage poussé ne semble pas justifié pour en améliorer les propriétés, mais il est nécessaire de veiller à la qualité du stockage pour assurer la stabilité de l'huile. Enfin, l'utilisation économique de l'huile en tant que combustible ou carburant reste limitée à des sites privilégiés, insulaires, et relativement isolés. L'incidence de l'huile de palme vierge ou raffinée sur les risques d'athérosclérose et de thrombose chez l'homme est entrée dans la phase expérimentale clinique.



Création de palmiers à potentiel élevé de production en huile de qualité

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

J.M. Noïret, responsable ;

P. Amblard, L. Baudouin, A. Berthaud, N. Billotte, B. Cochard, T. Durand-Gasselin, Y. Duval, H. de Franqueville, C. Louise, B. Nouy, F. Potier, A. Rival, J. Tregear, ainsi que : E. Barcelos, V. Cao, F. Fournier-Morcillo et B. Adon (en préparation de thèse).

Partenaires : F. Aberlenc-Bertossi, N. Chabrilange et A. Borgel (Orstom, France), M. Bakoumé (Irad, Cameroun), E. Konan, A. Koutou et D. Sekou (Idefor-dpo, Côte d'Ivoire), Maheran (Felda, Malaisie), R. Purba (Iopri, Indonésie), M. Omoré (Srph, Bénin).

Les travaux du Cirad-cp en amélioration du palmier à huile sont réalisés dans le cadre d'une coopération avec des centres de recherches et/ou des sociétés sur les lieux mêmes de culture en Afrique, en Asie et en Amérique latine. Les recherches sont conduites au sein d'un réseau par des échanges (méthodologie, techniques, résultats, matériel végétal...) et des complémentarités.

Depuis un peu plus de 25 ans, en matière de multiplication végétative par culture *in vitro*, le Cirad-cp est associé à l'Orstom. L'équipe de chercheurs installée au centre Orstom de Montpellier travaille en étroite collaboration avec la station Idefor-dpo de La Mé, en Côte d'Ivoire. Elle apporte aussi son concours à des unités qui ont adopté le procédé Orstom-Cirad de multiplication végétative du palmier à huile : en Indonésie avec les laboratoires de Bangun Bandar, de la Socfindo et de l'Iopri à Marihat, et en Malaisie avec le laboratoire du Felda de Kuala Lumpur. En biologie moléculaire, des liens étroits avec le Porim se sont établis, dès le début de 1997, pour étudier l'anomalie et la morphogénèse florale affectant une partie du matériel clonal.

Ressources génétiques

Elaeis oleifera

L'étude de la diversité génétique d'*Elaeis oleifera* par biologie moléculaire, réalisée à Biotrop, dans le cadre

d'une thèse par E. Barcelos, chercheur de l'Embrapa, a porté sur 76 populations introduites sur les stations du Rio Urubu (Embrapa) et de La Mé (Idefor-dpo). Une analyse factorielle des correspondances, sur les données Rflp nucléaires codées en allèles, met en évidence une structuration en quatre groupes (figure 1). Ceux-ci correspondent à la répartition géographique des populations étudiées : celles de Colombie et d'Amérique centrale forment un groupe bien caractérisé ; au sein du groupe Brésil, deux sous-groupes se distinguent, l'un correspondant à la rive droite et l'autre à la rive gauche du fleuve ; les origines Guyane et Surinam forment un seul groupe. La seule exception est l'origine Pérou qui, bien qu'appartenant au bassin amazonien, se distingue du groupe Brésil. Une comparaison avec *Elaeis guineensis*, dont 23 populations ont aussi été étudiées, a mis en évidence une diversité plus importante chez l'*Elaeis oleifera* (figure 1).

Elaeis guineensis

Une politique de conservation des ressources génétiques a été proposée au Bénin et à la Côte d'Ivoire pour préserver les populations locales et introduites sur leurs stations de recherche. Les populations les plus anciennes risquaient de disparaître car les besoins en surfaces expérimentales conduisaient à privilégier la conservation des matériels sélectionnés au détriment de la diversité. Une véritable collection des matériels originaires du Bénin a été mise en place à la station de Pobé. Elle regroupe les matériels introduits dans les années 20, suite à une prospection de la palmeraie béninoise. Un travail similaire est en cours sur des matériels provenant de la palmeraie ivoirienne et introduits à la même époque à la station de La Mé. Il sera poursuivi à partir du matériel végétal provenant des palmiers de l'Expérience internationale plantés à La Mé, en 1950. Compte tenu des surfaces importantes nécessaires et du coût du maintien d'une collection de palmiers à huile sur le long terme, une telle politique sera proposée à d'autres pays, en recherchant la complémentarité.

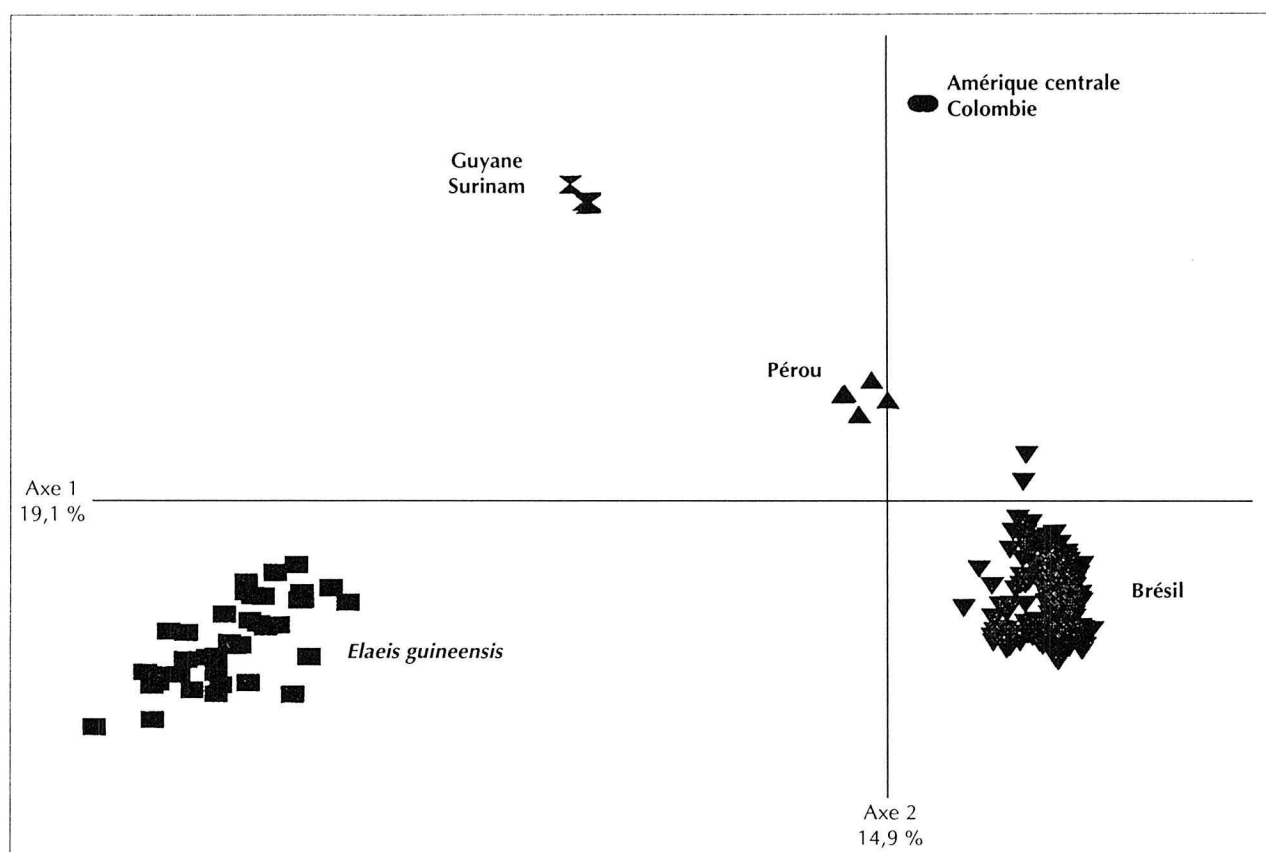


Figure 1. Analyse factorielle des correspondances sur les données Rflp nucléaires codées en allèles.

Programmes de création variétale d'*Elaeis guineensis*

Les programmes de création variétale exploitent en commun, ou séparément, une vingtaine de populations à différents stades d'amélioration qui représentent l'essentiel de la variabilité génétique disponible actuellement dans le monde. Une bonne coopération s'est développée entre ces programmes. Elle se traduit par la recherche d'une complémentarité et des échanges d'informations et de matériel végétal. Ainsi, le bloc génétique d'Aek Loba Timur (Indonésie) se compose pour 70 % de tests de descendances en provenance du Bénin. Les 5 premiers essais ont été plantés en 1995, puis 13 en 1996-1997 et les 9 derniers le seront en 1998. Par ailleurs, un échange important de matériel végétal est en cours entre l'Indonésie, la Côte d'Ivoire et le Bénin pour recombinaison des matériels issus de programmes de ces pays.

En Côte d'Ivoire, une part importante du programme porte sur l'amélioration de nouvelles populations (du Cameroun, du Nigeria et d'Angola), dont des tests sont également mis en place au Bénin et au Cameroun. Une autre part porte sur la préparation d'un 3^e cycle de production exploitant des populations du 1^{er} cycle des années 60. En Indonésie, à

l'Iopri, un second cycle est en cours après un 1^{er} cycle, mis en place dans les années 70. L'amélioration d'une population du Zaïre vient d'être entreprise.

Une synthèse des résultats de l'ensemble des tests de descendances, portant sur 1 400 descendances, a été faite à partir des bases de données maintenues à Montpellier. La plus importante de ces bases de données concerne la production par arbre. En 1996-1997, les données mensuelles de production de 108 000 arbres y ont été ajoutées.

Méthodologie

Mode de reproduction et expression de la variabilité génétique

L'étude de l'organisation de la variabilité génétique, réalisée par Cao Tuong Vi, sur deux populations, dans le cadre d'une thèse, a mis en évidence une asymétrie dans leur composition. La population Deli, qui a subi plusieurs cycles d'amélioration en consanguinité, se compose de multiples sous-populations relativement homozygotes et bien différenciées. En revanche, dans la population La Mé, soumise à une sélection très intense sur une seule génération, l'hétérozygotie et le déséquilibre de liaison sont plus importants. De ce fait,

la variabilité s'est mieux exprimée et a assuré un progrès plus important dans la population Deli que dans la population La Mé. Donc pour l'amélioration des populations, il y a intérêt à combiner judicieusement des cycles de recombinaisons et des cycles de consanguinité. Les premiers permettent d'associer des caractéristiques génétiques contrastées, les seconds favorisent l'expression de la variabilité potentielle accumulée, dans un contexte plus homozygote. La stratégie qui en découle pour l'exploitation des recombinaisons quatre voies de « troisième cycle », effectuées dans le cadre de la sélection récurrente réciproque, consiste à réaliser une phase d'autofécondation, avant les tests de descendance, afin de maximiser les chances d'obtenir des croisements plus productifs que ceux réalisés avec les parents de épart. Cependant, l'allongement du cycle de sélection, dû à la phase d'autofécondation, a conduit à maintenir un test direct pour certaines recombinaisons, afin de ne pas retarder l'évolution de la diffusion de nouvelles variétés. La combinaison du test direct et du test après autofécondation permet, par ailleurs, de mieux répartir dans le temps la réalisation des tests. C'est l'identité des grands-parents et, surtout, la façon dont ils sont associés, qui a guidé le type de test à réaliser pour chaque combinaison.

Variations saisonnières de production

La comparaison de la répartition de la production d'un croisement, dans trois situations contrastées, montre qu'elle est meilleure en Indonésie, où le déficit hydrique est plus faible qu'en Côte d'Ivoire et surtout qu'au Bénin (figure 2). Les pics annuels de production restent du même ordre de grandeur en valeur absolue, dans les trois cas, mais représentent près de 40 % de la production annuelle dans la situation la moins favorable, contre seulement 10 à 12 % dans la situation la plus favorable. La durée moyenne du cycle de production des arbres d'un croisement, qui est de 10 mois avec 2 mois de repos lorsque le déficit hydrique est faible, se réduit à 2 mois suivis de 10 mois de repos lorsque le déficit hydrique est élevé.

Les différences entre matériels ont surtout été observées pour les bonnes conditions écologiques : les pics de production n'apparaissent pas en même temps, ils n'ont pas la même intensité pour tous les matériels et ces différences sont indépendantes de la production totale et de ses composantes. Par ailleurs, plus le matériel est génétiquement homogène, plus sa production est groupée dans le temps et donc moins bien répartie. Lorsque les conditions écologiques ne sont pas favorables, l'alternance des conditions sèches et pluvieuses impose un rythme de production annuel marqué et un regroupement de cette production sur une période courte située au début de la saison des pluies.

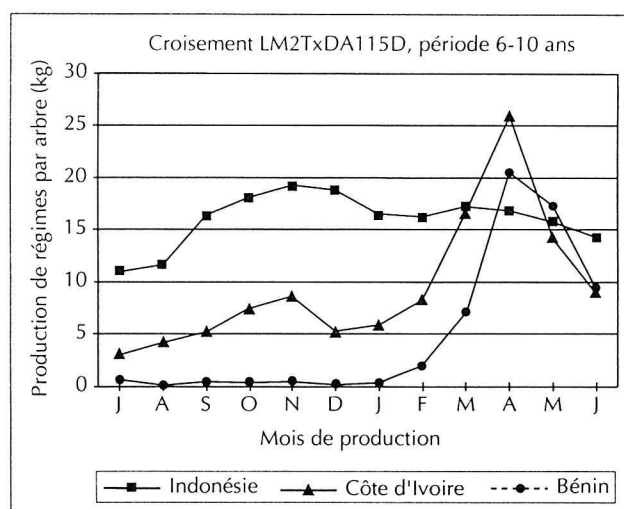


Figure 2. Répartition mensuelle de la production dans trois écologies.

Les différences entre matériels sont alors plus difficiles à mettre en évidence.

Il résulte de cette étude que l'amélioration de la régularité de la production en conditions favorables est relativement facile, puisqu'il suffit que le matériel planté ait une base génétique suffisamment large (plusieurs variétés ou un assez grand nombre de clones par exemple). En conditions défavorables, la situation est toute autre : les matériels intéressants sont ceux susceptibles d'allonger leur période de production, ce qui devrait avoir pour conséquence une augmentation de la production totale. Quelques observations semblent indiquer que de tels matériels existent, mais elles demandent à être confirmées par une étude plus approfondie.

Epaisseur de la coque du fruit et marqueurs moléculaires

Toutes les semences commerciales de palmier sont produites par le croisement d'arbres Dura (fruit à coque épaisse) par des arbres Pisifera (fruit sans coque et improductifs) pour obtenir des descendance dont tous les arbres sont Tenera (fruit à coque mince et à forte teneur en huile). Ce caractère est monofactoriel. L'utilisation de la technique *bulk segregant analysis* a identifié un petit nombre de marqueurs candidats. Un marqueur moléculaire permettra un test précoce qui facilitera la gestion des populations destinées à la production de semences, à la sélection.

Tolérance à la sécheresse

Au Bénin, le comportement du palmier en période de sécheresse a été caractérisé sur des matériels représentatifs des programmes de création variétale

(1^{er} cycle), plantés à Akpadanou dans les années 70. Un épisode de sécheresse prononcé a entraîné une forte mortalité chez certaines descendances. Le caractère unique de cet événement et les conditions particulières de cette expérimentation (extrême pauvreté du sol, rendement très faible) rendent difficile une conclusion définitive. Cependant, un certain nombre de descendances ont été retenues comme potentiellement tolérantes, en raison de leur moindre mortalité et de leur bon rendement.

La poursuite du programme consiste à comparer ces matériels potentiellement tolérants à un échantillon représentatif de matériels en cours d'amélioration (second cycle), dans des essais sur le bloc expérimental d'Obéké Ouéré et dans un réseau d'essais de comportement en milieu villageois, sur une dizaine de sites du sud du Bénin, mis en place par la station de Pobé, en 1997. Les matériels en cours d'amélioration sont également plantés en Indonésie (bloc génétique d'Aek Loba Timur), ce qui permettra d'étudier les interactions génotype x environnement. Les observations prévues sur les essais d'Obéké Ouéré prennent en compte la répartition saisonnière de la production, qui peut constituer un mécanisme d'adaptation à la sécheresse.

Tolérance à la fusariose

Le test de sensibilité à la maladie, réalisé en Côte d'Ivoire, a porté sur 4 séries totalisant 711 descendances, parmi lesquelles figurent des matériels encore peu connus (introductions d'Indonésie et du Nigeria). Dans chaque origine, de nouvelles sources de tolérance à la fusariose ont été mises en évidence.

Par ailleurs, les taux de fusariose des différentes séries ont été beaucoup plus constants que précédemment. Cela confirme l'intérêt des nouvelles modalités d'inoculation (multiplication par dix de la concentration en conidies de l'inoculum). Le pourcentage moyen de fusariose des tests a été de 33 %, variant de 10 % pour les descendances les plus tolérantes, à plus de 60 ou 70 % pour les plus sensibles. De ce fait, le test est plus discriminant.

Dans le cadre d'un projet Std3, quelques tests ont été réalisés au Brésil pour évaluer le comportement d'hybrides interspécifiques. Ils se sont avérés, dans l'ensemble, sensibles à la fusariose. Ces résultats concordent avec ceux observés en Côte d'Ivoire.

Un nouveau site de tests est prévu au Cameroun pour identifier les matériels tolérants du programme d'amélioration et de production de semences de La Dibamba. L'investissement est assuré sur un crédit Fac. L'ouverture de ce nouveau site, qui utilise un inoculum composé de souches locales du pathogène encore peu caractérisées, permettra de rechercher une éventuelle interaction souche x matériel végétal.

De nouvelles techniques sont explorées pour appréhender la tolérance à la fusariose : la perfusion des spores de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* dans les pétioles, la spectrophotométrie dans le proche infrarouge sur le pollen, l'extraction méthanolique de l'endocarpe du fruit. Rien ne permet encore d'affirmer qu'elles puissent se substituer au test d'inoculation.

Après 6 années de plantation, il est possible de dresser le bilan du comportement à la fusariose de 6 clones et d'un croisement (témoin) plantés en 1991. Le dispositif initial de plantation ramené, après 3 ans, à la densité standard par élimination et dissection des plants, a permis d'analyser le comportement des palmiers au champ (tableau) :

- le clone LMC 022, hautement tolérant avec très peu de symptômes latents ;
- le clone LMC 119, à forte capacité de rémission, comparable à celle du témoin sexué ;
- 2 clones (LMC 103 et LMC 129), à sensibilité moyenne et à forte capacité de rémission ;
- 2 clones (LMC 080 et LMC 101), assez sensibles et à faible capacité de rémission.

Cette analyse met en évidence l'existence de différents mécanismes de résistance qu'il serait utile d'étudier à partir du test en préépinière.

Multiplication végétative

L'application du procédé Orstom-Cirad de clonage par embryogenèse somatique a permis de créer des centaines de clones et de produire des milliers d'individus pour planter des essais comparatifs dans plusieurs pays. Ces essais ont mis en évidence l'existence de plants variants, caractérisés par une anomalie morphologique de l'organisation de la fleur, qui n'est observée que sur les plants multipliés végétativement. Cette anomalie, qui conduit dans les cas les plus graves à la stérilité de la plante, a une incidence variable suivant les laboratoires de production. En Côte d'Ivoire, elle atteint 50 % des clones et en moyenne 9 % des arbres et limite la production du matériel clonal. Le développement des recherches dans ce domaine est donc prioritaire. Cependant, l'incidence de cette malformation n'est pas un obstacle à l'exploitation des essais clonaux, dont l'implantation est poursuivie.

Résultats des essais clonaux et progrès attendu du clonage

L'objectif du clonage chez le palmier à huile est la multiplication conforme d'individus sélectionnés pour leurs performances agronomiques, en particulier le rendement en huile qui est l'avantage comparatif principal de cette culture. Les résultats des essais

Tableau. Sensibilité à la fusariose (%) des clones de palmiers au champ (essai triple densité, Dabou, 1991).

Matériel végétal	Origine	Indice du clone ou du croisement	Bilan de l'abattage des 108 palmiers surnuméraires à 3 ans					Comportement à 6 ans (52 à 56 arbres/clone)	
			Fusariose exprimée	Symptômes latents	Cas de rémission	Fusariose totale	Fusariose cumulée	Fusariose cumulée	Fusariose exprimée
			(F)	(f)	(R)	(F + f + R)	(F + R)	1997	1997
LMC 022	D115D x L2T	29	0,9	7,4	0,0	8,3	0,9	0,0	0,0
LMC 080	L2T x D5D	83	31,4	15,7	5,5	52,6	36,9	64,8	50,0
LMC 101	L1033D xL334P	73	65,7	0,9	0,9	67,5	66,6	96,4	89,3
LMC 103	L10T x D118D	86	13,9	33,3	2,8	50,0	16,7	38,9	14,8
LMC 119	D118D x L303P	10	0,9	21,3	2,8	25,0	3,7	11,5	0,0
LMC 129	L644D x L503P	64	42,5	13,0	10,2	65,7	52,7	46,3	16,7
Témoin	D115D AF x L2TAF	34	0,9	25,0	0,9	26,8	1,8	1,9	0,0
Moyenne			22,3	16,7	3,3	42,3	25,6	37,6	24,9

clonaux permettent maintenant de mieux estimer la supériorité des clones par rapport aux semences :

- un progrès de 30 % pour le rendement en huile, par rapport au croisement d'origine, a été obtenu pour certains clones ;
- un progrès moyen de l'ordre de 15 % par rapport au croisement d'origine est observé pour l'ensemble des clones de ce croisement. Ce résultat correspond à une méthode et à des critères précis de choix des arbres à cloner.

Ces deux résultats sont illustrés par la figure 3 qui compare la production de 5 clones à celle de leur croisement d'origine.

La diffusion de clones non testés, issus des arbres les plus performants des meilleures descendance, est possible dès l'obtention des résultats des tests, alors qu'il faut attendre 10 ans de plus pour connaître les meilleurs clones.

Etude de l'anomalie mantled

La description précise de cette anomalie, son intensité, sa fréquence et son évolution en fonction du temps, ont permis de formuler des hypothèses sur sa nature épigénétique. Ceci a conduit l'équipe Orstom-Cirad à développer un programme de recherche, commencé en 1997, sur la régulation de l'expression du génome dans les plants variants. Cette étude entre également dans le cadre d'un accord signé entre le Porim et le Cirad. Des travaux préalables sur le niveau de ploïdie,

la recherche d'un polymorphisme Rapd et l'analyse du taux de méthylation ont été réalisés, afin d'éliminer l'hypothèse d'une perturbation importante du génome des plants anormaux au cours du procédé de régénération.

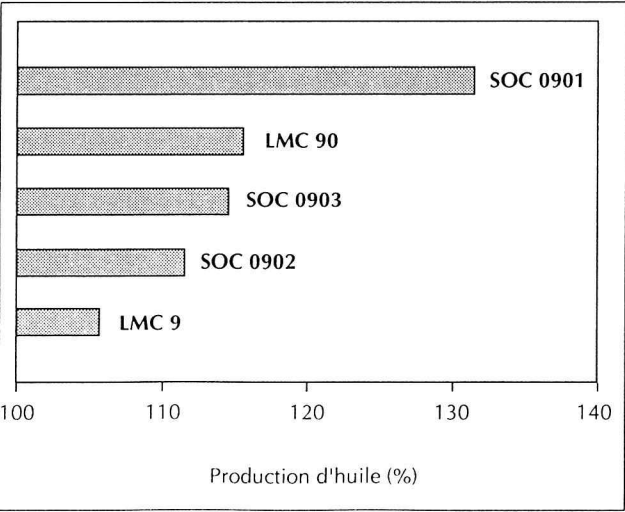


Figure 3. Production comparée de cinq clones et de leur croisement d'origine (LM10T x DA8D).

Evaluation du degré de ploïdie

Une analyse par cytométrie en flux a été réalisée pour déterminer la taille du génome d'*Elaeis guineensis*. Elle a été évaluée à $2C = 3,76 \pm 0,09$ pg ($3,4 \times 10^9$ bp). Des valeurs similaires ont été obtenues sur des cals embryogènes, y compris ceux connus pour régénérer des plants variants. Par ailleurs, le même niveau de ploïdie a été observé sur tous les plants analysés, de phénotype normal ou anormal. Ces résultats indiquent que le procédé de régénération n'induit pas de polyploïdie.

Recherche d'un polymorphisme RApd entre plants normaux et variants

Sur les 387 amorces différentes (oligonucléotides 10-mre) utilisées, l'amplification de l'ADN a été obtenue de façon reproductible pour 259 (67 %) et 24 ont été retenues pour comparer des palmiers clonaux avec l'arbre duquel ils sont issus, ainsi que des palmiers normaux et anormaux d'un même clone. Aucun polymorphisme intraclonal ou entre le palmier d'origine et le clone n'a été détecté malgré l'analyse de 8 900 marqueurs.

Analyse du taux global de méthylation de l'ADN des plants normaux et variants

Les taux globaux de méthylation de l'ADN, mesurés par Hplc, d'arbres normaux et anormaux de quatre clones ont été comparés. La proportion de cytosine méthylée est de 25 % et aucune différence n'a été mise en évidence entre les différents palmiers analysés.

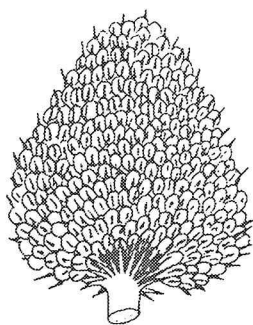
Ces résultats suggèrent que l'anomalie de la morphogenèse florale chez les palmiers régénérés par embryogenèse somatique résulte de modifications moins importantes que celles pouvant être mises en évidence par les techniques utilisées. La nature probablement épigénétique de ce phénomène conduit à développer de nouvelles approches portant sur : l'étude comparative de la méthylation des génomes de plants normaux et anormaux par Rflp et Aflp, la comparaison de banques d'expression et l'étude de l'expression des gènes homéotiques impliqués dans l'organisation de la fleur.

Diffusion variétale

La valorisation des résultats des différents programmes de création variétale a été intensifiée, ces dernières années, pour répondre à une demande soutenue en semences de qualité, dans toutes les zones de culture. La production mondiale de semences de palmier à huile est estimée à environ 145 millions par an, dont 85 millions proviennent de programmes auxquels le Cirad-cp participe.

Cet effort de valorisation s'est traduit par la plantation, en 1996-1997, de 178 descendances sur 80 ha en Côte d'Ivoire, au Bénin et au Cameroun, correspondant à la multiplication des meilleurs géniteurs de second cycle.

En Indonésie, où la demande est particulièrement forte, les programmes de production de semences de l'Iopri et de la Socfindo ont été entièrement revus pour augmenter les quantités produites. Ces deux organismes fournissent 85 % des semences de palmier à huile produites en Indonésie.



Etude de l'agrosystème palmier et de son fonctionnement à l'échelle de la parcelle

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

P. Quencez, responsable ;

F. Bonnot, J.P. Caliman, H. Chaillard, C. Daniel,
J. Geoffroy, C. Jourdan, E. Lamade, M. Ouvrier,
P. Quencez.

en collaboration avec J. Dauzat, H. Rey (Cirad-Gerdar, Amap).

Partenaires : B. Cornaire (Srph, Bénin), E. Dufrêne
(université Paris XI, France), E. Setyo (Iopri, Indonésie).

Connaissance du milieu naturel

Des spécialistes du Cirad-cp ont participé à l'élaboration de bases de données créées à l'initiative des géographes cartographes à partir des systèmes d'information géographique.

Ces bases « Carto » et « Bise » comportent les références d'images satellitaires utilisées par le programme palmier en Indonésie et au Cameroun. Cette participation est encore modeste mais doit se développer. Ces bases de données sont consultables sur le serveur Intranet du Cirad.

Dans le cadre du développement du logiciel de gestion des fumures et de la nutrition minérale Data-Palm (projet 3), plusieurs modules concernent la création de base de données. Les facteurs du milieu (climat, sol...) et les caractéristiques des plantations y sont intégrés.

Lors de missions d'étude, la collecte et l'enregistrement des données du milieu (en particulier climatiques) ont été systématisés, avec la participation de l'unité de recherches de biométrie.

Fonctionnement de l'agrosystème palmier

Modélisation de l'architecture du système racinaire

Une des actions importantes conduites sur ce thème au cours des dernières années a été la modélisation du système racinaire du palmier à huile. C. Jourdan a valorisé sa thèse (1995) par de nombreuses publications, à différents niveaux de diffusion, de la vulgarisation (*Ça m'intéresse*) aux revues de classe A (*Plant and Soil*).

A partir des résultats acquis, il est donc désormais possible de reconstituer l'architecture du système racinaire du palmier en définissant un automate à 725 états, qui autorise sa simulation de 0 à 25 ans. Le résultat d'une simulation est une maquette numérique tridimensionnelle qui peut être visualisée sur un écran d'ordinateur au moyen d'un programme adéquat. Les maquettes obtenues, qui restituent avec plus ou moins de réalisme le système racinaire du palmier à huile, sont ensuite confrontées aux observations de terrain ; c'est la phase de validation indispensable avant toute application ultérieure.

Les maquettes numériques ainsi créées peuvent être mises en scène dans une plantation virtuelle générée par un logiciel approprié. Le respect des dispositifs traditionnels de plantation (9 m en triangle équilatéral) permet de visualiser, puis de quantifier l'occupation spatiale des systèmes racinaires en fonction de l'âge des palmiers. Il est ainsi possible de prévoir l'âge à partir duquel les systèmes racinaires des palmiers entrent en compétition pour l'espace et de préciser les horizons concernés.

Avec ce dispositif, la biomasse racinaire d'une plantation peut également être estimée par simulation. La biomasse racinaire totale simulée augmente de façon exponentielle dès la fin de la phase juvénile. Elle va de 0,02 t/ha pour des palmiers âgés de 1 an à 55 t/ha, pour ceux âgés de 16 ans, en passant par 3 t/ha à 4 ans. Il est aussi possible de calculer la biomasse racinaire par type de racine ou par horizon de sol, ainsi que la biomasse racinaire produite et/ou élaguée au cours de l'année.

Une troisième application, offerte par l'utilisation des maquettes numériques, concerne la localisation et l'estimation des surfaces absorbantes d'une plantation. En premier lieu, la position de ces zones sur chaque type de racines est identifiée par la technique de vidéodensitométrie d'indicateur coloré, associée à une analyse anatomique détaillée. Une simulation montre qu'à l'âge de 5 ans, la colonisation de l'espace par les zones absorbantes est presque totale en surface ; à 7 ans, on peut considérer les horizons superficiels comme totalement colonisés. La surface absorbante des racines tertiaires plus des quaternaires, considérées comme « racines absorbantes », est 5 fois supérieure à celle des racines primaires et secondaires, qualifiées de « racines d'exploration ». Dans une palmeraie âgée de 5 ans, 23 % de la surface racinaire totale est absorbante, fonction réalisée principalement par les racines tertiaires (29 %) et surtout quaternaires (55 %). Cependant, il ne faut pas négliger le rôle joué par les racines primaires et secondaires, dont près de 10 % de la surface totale est absorbante.

Une quatrième application concerne l'estimation du volume de sol utile pour prélever les éléments. Des estimations, fondées sur des mobilités ioniques, ont été réalisées sur les ions phosphate et potassium pour une palmeraie d'un hectare âgée de 5 ans. La proportion par rapport au volume de sol potentiellement exploitable à cet âge ($10\,000\text{ m}^2 \times 4\text{ m}$ de profondeur maximale) reste faible pour le potassium ($235\text{ m}^3/\text{ha}$) et très faible pour le phosphate ($33\text{ m}^3/\text{ha}$).

Les résultats méthodologiques acquis sur le palmier à huile ont été adoptés et utilisés pour l'étude des systèmes racinaires d'autres cultures : cocotier, cacaoyer.

Modélisation du bilan hydrique

Les mesures des profils hydriques réalisées entre 1987 et 1991 ont été traitées dans le cadre de l'Atp 10/96. Ces traitements constituent la phase préparatoire à la réalisation d'un modèle de consommation hydrique ; les premières tentatives de simulation par un modèle de type « réservoir » sont en cours. Une approche plus fine, utilisant le modèle d'architecture racinaire et les mécanismes d'absorption, est restée au stade de la réflexion.

Bilan des échanges gazeux

Respiration à l'échelle d'un arbre

Un ensemble de montages expérimentaux a permis de mesurer la respiration des folioles et, indirectement, des racines. On observe nettement une diminution de la respiration à l'obscurité en fonction des rangs de feuilles, retrouvant ainsi un résultat classique.

En conditions hydriques limitantes, il ressort des mesures de photosynthèse et de transpiration effectuées sur des clones à Bekri Estate (Indonésie), que les échanges gazeux sont très réduits à partir de 8 h du matin. La sensibilité au Vpd (*Vapour Pressure Deficit*) permet de discriminer le matériel végétal et d'obtenir une valeur de la photosynthèse nette, caractéristique de chaque clone.

Photosynthèse

La photosynthèse maximale du palmier à huile déterminée en Côte d'Ivoire sur la famille témoin L2T x D10D ($23,7\text{ }\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) est largement dépassée en Indonésie et atteint $31,6\text{ }\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Cette différence peut expliquer la production supérieure observée dans la zone agroécologique du Nord-Sumatra par rapport à celle de Côte d'Ivoire. De même, l'efficacité photosynthétique aux rayonnements faibles de $0,081\text{ mol.mol}^{-1}$ obtenue sur du matériel clonal au Nord-Sumatra dépasse celle observée en Côte d'Ivoire ($0,051\text{ mol.mol}^{-1}$).

Conductance

En absence de déficit hydrique, dans les conditions du Nord-Sumatra, on observe une interdépendance très nette de la photosynthèse foliaire et de la conductance stomatique quand le rayonnement est saturant.

Plusieurs modèles de conductance ont été testés. Le modèle de Ball *et al.* (1987), qui prend en compte l'humidité relative et la concentration en CO_2 à la surface de la feuille ($g_s = g_o + g_l.\text{NP.Rhs}/\text{CO}_2\text{ s}$), est correct pour les valeurs aux rayonnements saturants, mais il est insuffisant pour expliquer de grandes valeurs de conductances. Deux autres modèles ont été testés, celui de Leuning (1990) et celui de Lloyd. Ce dernier s'avère de loin le plus adéquat.

Les mesures ont été réalisées avec deux types d'appareils : l'analyseur LCA4 (ADC) et le poromètre 1600 Licor. Bien que le poromètre donne une meilleure estimation de la conductance réelle *in situ*, puisqu'il modifie le microclimat de la feuille durant la mesure, sa fidélité est bien inférieure à celle de l'analyseur qui montre une meilleure cohérence de l'ensemble des résultats.

Effet d'un *water-logging* partiel et total sur les échanges gazeux foliaires et l'allocation de biomasse

Relativement caractéristiques de la zone agroécologique de Marihat (Indonésie), des phénomènes de *water-logging* temporaires sont à signaler tout au long de l'année dans certains bas-fonds, d'où l'intérêt d'en connaître l'effet sur la production. Des palmiers de 2 ans ont été soumis pendant 2 mois à 3 traitements de *water-logging* différents et, simultanément, à 3 traitements d'engrais. Des mesures de photosynthèse et de conductance stomatique ont été réalisées sur tous les arbres, ainsi qu'un suivi de la densité individuelle de leur canopée. A la fin de l'expérience, les biomasses aérienne et souterraine ont été mesurées pour chaque arbre. Il en ressort que le *water-logging* a un effet négatif très significatif sur la conductance stomatique ainsi que sur la production de racines absorbantes. L'efficacité des doses standards d'engrais est aussi très diminuée par le *water-logging* total ou partiel du système racinaire.

Modèle de bilan carboné et de production

Le but principal des mesures physiologiques entreprises dans ce programme était d'avoir suffisamment de paramètres pour tester le modèle de simulation de production réalisé par Dufrêne (1989) sur la famille témoin L2T x D10D dans les conditions de Côte d'Ivoire, sur des palmiers adultes de deux familles (DA128D self x LM7T self et BJ13D self x BJ21P) de Marihat. Quatorze paramètres (physiologiques, biométriques et phénologiques) ont permis, grâce à la modélisation, de rendre compte de la production potentielle de ces deux familles.

Les écarts observés par rapport à cette production potentielle ont pu être interprétés, en fonction des conditions locales des parcelles incriminées.

Climatologie : situation exceptionnelle de 1997

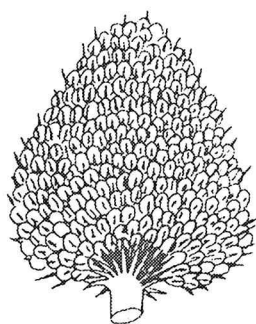
Grâce à un complément d'équipement (capteur quantum et centrale Li-Cor), il est désormais possible de connaître les différentes composantes du climat pour établir les fichiers météo comprenant les variables suivantes :

Rg : rayonnement global en KJ.m⁻².j⁻¹ ; T °C : température de l'air moyenne journalière en °C ; vitesse du vent en m.s⁻¹ ; Vpd (Vapour Pressure Deficit) en mbar ; pluviométrie journalière en mm.j⁻¹.

Ces données sont indispensables pour simuler la production dans la zone considérée.

Cet équipement a permis d'enregistrer une baisse de plus de 25 % du rayonnement en septembre, consécutif à l'immense nuage de fumée engendré par les feux qui se sont développés en zones forestières dégradées. En l'absence de contrainte hydrique, la répercussion sur la production potentielle peut être estimée en appliquant certaines hypothèses d'allocations préférentielles des ressources carbonées, en fonction de la durée du nuage de fumée.

Pour Nord-Sumatra, pour un mois de fumée, les baisses sont estimées à 1,8 % en 1997, 3 % en 1998 et 1,2 % en 1999 ; pour les provinces de Riau et Bengkulu, avec 2 mois de fumée, respectivement à 3,6 %, 6,1 % et 2,4 % ; enfin, pour Jambi, avec 3 mois de fumée, à 5,6 %, 9,3 % et 3,7 %. Ces baisses de production restent néanmoins plus faibles que celles qui peuvent être estimées pour le Lampung avec un déficit hydrique de 60 mm et qui s'élèveraient à 23 % en 1997, 39 % en 1998 et 16 % en 1999.



Evolution agronomique de l'espace constitué par les plantations industrielles et villageoises

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

H. de Franqueville, responsable ;

A. Berthaud, J.P. Caliman, H. Chaillard, C. Daniel, B. Dubos, H. N'Guyen, M. Ouvrier, P. Quencez.

Ce projet a pour objectif d'établir un diagnostic de l'évolution du milieu physique sous palmeraie, afin de mieux cibler les études à conduire pour restaurer et améliorer les facteurs de production, en vue d'assurer la durabilité des systèmes d'exploitation.

Il est composé de six opérations dont quatre sont consacrées à l'étude, dans diverses zones géographiques, des facteurs de variation du rendement et des modes de restauration de celui-ci (Cameroun, Côte d'Ivoire, Indonésie). Une opération a pour but d'étudier les mécanismes qui régissent, à l'interface racine-sol, l'expression de la fusariose.

Des difficultés structurelles et financières de certains des organismes partenaires n'ont pas permis, comme il aurait été souhaitable, de mener à bien tous les programmes prévus dont la réalisation repose sur une expérimentation de terrain. Le partenariat, engagé dans le cadre d'un accord contractuel avec PT Smart, société indonésienne, apporte à ce projet une assise solide pour valider et développer des méthodes et des techniques d'évaluation des rendements et de gestion de la nutrition minérale.

Etude des facteurs de variation du rendement et des modes de restauration

Au Cameroun

Cette étude a été retardée faute de financement. Elle a été inscrite au programme de financement « Fac recherches-filière palmier à huile » présenté début 1995. Bien qu'accepté, ce projet a été différé et sa mise en œuvre est en cours. Toutefois, l'étude, dans sa nouvelle version, devant débuter en septembre 1997, est limitée au seul milieu villageois avec les objectifs suivants :

- compléter les connaissances actuelles par un diagnostic agronomique des plantations villageoises ; leur aspect socio-économique a déjà fait l'objet d'évaluations ;
- identifier les contraintes naturelles (sols, climat, maladies...) qui déterminent le potentiel de production de chaque secteur ;
- inventorier les points faibles du développement en milieu paysan et définir la demande d'assistance technique ou de recherches appliquées ;
- proposer des itinéraires techniques par site géographique adaptés au contexte socio-économique.

En secteur agro-industriel, cette étude n'a reçu qu'une faible attention des sociétés concernées. On note une évolution des techniques de préparation de terrain, qui tendent de plus en plus à privilégier les opérations manuelles au détriment de l'emploi d'engins lourds (abattage, andainage), pour des raisons économiques et à la suite d'observations de terrain. Toujours dans le souci du maintien de la fertilité des sols, trois nouveaux essais, portant sur une utilisation raisonnée des rafles fraîches en plantation, ont été mis en place fin 1996, début 1997. Ces essais sont complémentaires et ont pour objectif de répondre aux questions les plus fréquemment posées par les responsables d'exploitation confrontés à la nécessité de valoriser ces déchets.

- Les rafles ont une valeur fertilisante qui permet de réduire d'autant la consommation d'engrais minéraux, en particulier potassiques. Si l'utilisation annuelle des rafles en tant qu'engrais organique a déjà été vérifiée, la périodicité des apports (épandage pour une ou plusieurs années) reste à explorer, pour une plus grande souplesse d'exploitation.
- Les rafles peuvent être utilisées comme amendement organique en vue de restaurer ou d'améliorer les caractéristiques physico-chimiques des sols, lorsque l'on soupçonne une dégradation induite par des cycles répétés de culture (replantations) ou par des préparations de terrain inadaptées (forte mécanisation, brûlages). L'effet amendement peut alors être testé soit sur des cultures en cours d'exploitation, soit en technique de préparation de terrain lors de la replantation.

Ces trois essais comparent des doses de 15 à 160 tonnes de rafles par hectare, avec ou sans paillage. La durée de ces essais est estimée à 5 ans renouvelables, avec de premiers résultats attendus sur la nutrition minérale en 1998. Ils pourront, par la suite, servir de support pour des études plus poussées du rôle de la matière organique dans le sol, en relation avec le développement des racines et la réserve hydrique.

On peut toutefois regretter que :

- les investigations proposées en vue de quantifier l'effet des techniques culturales sur l'expression des rendements en premier cycle soient abandonnées ;
- les expérimentations d'aménagement (sous-solage, courbes de niveau...) n'aient pas été retenues.

En Côte d'Ivoire

Des observations réalisées au début des années 80 ont mis en évidence des différences de rendement liées au précédent cultural : les productions des palmiers en replantation étaient inférieures à celles des palmiers en extension, sur précédent savane, la différence pouvant atteindre 30 %.

Des hypothèses, selon lesquelles les sables tertiaires évoluaient défavorablement sous l'effet de la palmeraie et/ou de la préparation mécanique des terrains lors de son installation, ont alors été formulées. Des expérimentations visant à ameublir, par sous-solage, les horizons compactés et à restructurer les sols grâce à des amendements calciques ont donc été mises en place.

Après plus de dix ans de suivi, au cours desquels un écart positif de production a été observé les premières années (24 % en moyenne), on constate malgré tout que les résultats ne sont pas à la hauteur des espérances. Cet écart de production s'amenuise progressivement jusqu'à, semble-t-il, disparaître. Le sous-solage n'aurait donc qu'un effet à court ou moyen terme, en raison du type de sol, peu structuré.

Les amendements de phosphogypse ou de phosphate super simple ont un effet bénéfique sur la production (amélioration du poids moyen des régimes), mais à condition d'en apporter de fortes quantités (5 à 10 t/ha) qui rendent leur rentabilité hasardeuse.

Malheureusement, les conditions de travail et les difficultés de gestion qui prévalent désormais sur la Plantation Robert Michaux de Dabou ne permettent pas de réaliser un grand nombre de nouveaux essais agronomiques.

En Indonésie

Le partenariat instauré avec PT Smart laisse mieux augurer de l'évolution de l'opération. Quatre chantiers ont été lancés sur ce thème en 1996. Les deux premiers portent sur l'étude des facteurs agronomiques des variations de rendement. Les deux

autres concernent l'effet de techniques culturales sur l'évolution du milieu.

Création d'une base de données

Le logiciel de gestion de la nutrition minérale des plantations (Data-Palm), en cours de développement au Cirad-cp, comprend un module permettant d'ores et déjà la création d'une base de données sur la plupart des informations à l'échelle de la plantation, de la division ou de la parcelle. Ces données concernent les paramètres permanents et variables des plantations. L'enregistrement, qui a débuté en 1996, a porté sur 60 000 ha de plantations situées en différentes conditions écologiques, à Sumatra et Kalimantan. Environ 100 000 ha supplémentaires seront enregistrés en 1997, afin de compléter géographiquement le dispositif d'observation.

Utilisation d'un système d'information géographique

Les conditions d'utilisation d'un système d'information géographique (Sig) pour le suivi et l'aide à l'analyse des données de plantations, ont été appréciées. Le choix d'un logiciel permet d'envisager son développement au niveau des plantations elles-mêmes. Il est actuellement utilisé sur six unités couvrant près de 30 000 ha.

Le système permet une exploitation efficace de la base de données. Il s'agit d'un outil remarquable, dans son but initial et aussi pour les épandages d'engrais par avion. Dans ce cas, la présentation cartographique des recommandations des doses d'engrais à apporter par parcelle représente un outil irremplaçable pour le pilote.

Suivi de la qualité des eaux

Un suivi de la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines a été mis en place afin de contrôler l'impact des changements de technique de fertilisation : passage d'une application manuelle des engrais à un épandage par voie aérienne. Un premier réseau d'observations a été créé dès 1996.

Utilisation des sous-produits d'huilerie

L'utilisation contrôlée des sous-produits d'huilerie (rafles, effluents) a été adoptée, afin de limiter les risques de pollution massive et d'utiliser ces sources de fertilisants organiques pour améliorer les caractéristiques physico-chimiques des sols. Un suivi des éléments minéraux concernés est envisagé.

Expression de la fusariose : réceptivité des sols et interface racine-sol

Ce thème a fait l'objet d'une thèse, dans le cadre d'un projet Std3, sur la réceptivité des sols à la fusariose, en fonction de l'évolution des populations microbiennes en général, fusariennes en particulier, en relation avec certaines pratiques culturales.

Des modifications du niveau de réceptivité d'un sol peuvent être induites par différents choix culturels. La mise en culture d'un sol tend à diminuer sa réceptivité à la fusariose, si l'on se réfère au témoin sol nu dans les essais mis en place. Si l'on prend comme référence le palmier tolérant, qui simule le mieux la situation de replantation de zones fusariées, on constate que la réceptivité n'est pas modifiée par une culture d'alternance, telle qu'*Acacia mangium* et qu'elle diminue avec une culture de *Pueraria javanica*, que le sol soit préinfesté ou non.

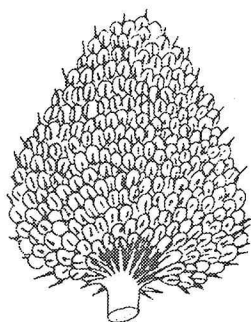
Cette évolution, liée au *Pueraria*, n'est pas corrélée à des modifications quantitatives des populations microbiennes, mais peut s'expliquer par une mauvaise survie de l'agent pathogène. La production, par le *Pueraria*, d'exsudats racinaires toxiques envers le

pathogène pourrait expliquer le mauvais maintien de celui-ci dans le sol.

L'effet de l'apport de rafles est fonction du niveau d'infestation. Cet amendement organique entraîne une diminution du niveau de réceptivité du sol lorsque celui-ci est sain mais ne modifie pas la réceptivité, élevée, par rapport au témoin sol nu non amendé, lorsque le sol est initialement préinfesté. Ces résultats peuvent être corrélés à l'augmentation des densités de populations fongiques, en particulier celles de *Fusarium* spp.

L'effet de la topographie n'a pu être clairement relié à la réceptivité des sols et à leur contenu microbien.

Un second projet Std3 a notamment pour objectif de mieux caractériser l'interface racine-sol. Les exsudats émis par les racines de palmier sont à l'étude, mais les résultats sont encore fragmentaires. Toutefois, de récents travaux tendent à montrer que les exsudats de palmiers tolérants contiennent des substances, encore non identifiées, différentes de celles de palmiers sensibles. Les exsudats de *Pueraria* présentent des pics de chromatographie (Clhp) communs avec ceux des exsudats de palmiers tolérants. C'est bien évidemment à confirmer, mais il semble que les phénomènes d'exsudation racinaire aient une incidence sur le niveau des populations pathogènes.



Mise au point d'itinéraires techniques adaptés à l'environnement

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

B. Tailliez, responsable ;

P. Amblard, L. Baudouin, A. Berthaud, J.P. Caliman, H. Chaillard, F. Corrado, C. Daniel, R. Desmier de Chenon, B. Dubos, T. Durand-Gasselin, P. Hornus, R. Huguenot, C. Louise, D. Mariau, J.P. Morin, J.M. Noiret, B. Nouy, M. Ouvrier, R. Philippe, P. Quencez.

Les travaux de ce projet sont conduits en milieu réel, en liaison avec les partenaires qui mettent à disposition leurs plantations, avec leurs problèmes plus ou moins complexes de nutrition minérale, d'entretien, de récolte, de maladies ou de ravageurs. Ils en attendent des solutions concrètes. Des recherches complémentaires, l'exploitation de données, des expertises font partie également de ce projet et sont assurées en France par le Cirad ou des laboratoires spécialisés.

Réponses techniques aux contraintes du milieu

Nutrition minérale et fumures

Au Cameroun

Le réseau s'appuie sur 6 expériences, dont 4 sont situées sur plantations agro-industrielles et 2 sur la station de La Dibamba. Toutes étudient le rôle du potassium et du magnésium à 3 ou à 4 niveaux ainsi que celui du phosphore (3 expériences) ou de l'azote (3 expériences). La forme de l'anion (chlorure, sulfate) est étudiée dans les deux expériences de La Dibamba.

Les résultats mettent en évidence ou confirment :

- le rôle prépondérant de la nutrition potassique dans l'augmentation du rendement. Le niveau optimal en potassium de la feuille 17 varie de 0,85 à 1,00 % de la matière sèche (MS) selon l'âge des plantations et les sites ;
- l'importance de la nutrition magnésienne pour laquelle des carences apparaissent en dessous de 0,16 à 0,18 % MS. Au delà de 0,22-0,24 %, le gain de production n'est généralement pas suffisant pour

compenser l'effet antagoniste sur l'absorption du potassium. La nutrition magnésienne est gérée entre 0,18 et 0,22 % en moyenne sur l'ensemble des sites expérimentaux ;

- la nécessité d'équilibrer ces deux éléments antagonistes en terme d'absorption conduit à utiliser de 1 100 à 1 700 g/arbre/an d'un mélange de KCl et de kiésérite, à l'âge adulte, en moyenne sur plusieurs campagnes ;
- la possibilité d'arrêter les fumures 2 à 3 campagnes avant replantation, sans répercussion significative sur la production.

La nutrition en azote et phosphore est marquée par l'absence d'amélioration significative de la production par des apports d'engrais phosphatés ou azotés. Les recommandations de fumure à l'âge adulte ne font qu'exceptionnellement appel à ces engrais dont l'effet dépressif sur la nutrition potassique et magnésienne est par ailleurs connue.

La nutrition anionique (chlorure, sulfate) est sans incidence sur l'absorption du potassium ou du magnésium.

Fin 1996, trois nouveaux essais ont été mis en place en plantations industrielles ou sur la station. Ils s'inscrivent dans la continuité d'une expérimentation ayant permis de valider l'utilisation des rafles en substitution des engrais minéraux potassiques. Ces essais étudient :

- la périodicité des apports de rafles utilisées comme élément fertilisant (dose moyenne de 14-15 t/ha/an) ;
- les effets des rafles utilisées comme amendement organique sur palmeraie en production, sans dispositif de paillage particulier (40 à 120 t/ha) ;
- les effets des rafles utilisées comme amendement organique, avant replantation, en paillage des interlignes libres (80 à 160 t/ha).

Ces essais pourront servir de support pour des études plus poussées sur le rôle de la matière organique dans le sol, en relation avec le développement des racines et la réserve hydrique.

En Indonésie

L'extraordinaire expansion de la culture du palmier à huile en Indonésie, dopée par des conditions de

marché actuellement favorables, constitue une opportunité pour l'étude de la nutrition minérale de cette plante dans les diverses situations pédoclimatiques de ce pays.

Essais

Un réseau d'essais de fertilisation est en cours de mise en place. L'objectif principal est de déterminer les formes et doses d'engrais économiquement optimales à chaque situation écologique et sous différentes hypothèses concernant les paramètres économiques.

L'analyse des résultats des premiers essais mis en place fournit des éléments permettant une amélioration de la gestion de la nutrition minérale dans plusieurs aires de culture.

- Dans la province de Riau, la nutrition phosphatée constitue un des principaux facteurs limitants. L'application de phosphate super-triple, dès la plantation, permet de corriger cette déficience originelle. La supériorité initiale de cet engrais, par rapport aux phosphates naturels, est quantifiée. Les doses économiquement optimales des divers engrais phosphatés peuvent être calculées en fonction des paramètres économiques (prix de vente des produits, coût des intrants). La confirmation du niveau critique de la teneur foliaire en phosphore et son équilibre avec les teneurs en azote, permet une gestion précise de la fertilisation des arbres.

Par ailleurs, une politique de fertilisation phosphatée, faisant succéder l'utilisation de phosphates naturels, après quelques années d'application de phosphate super-triple, a pu être définie.

- L'étude de la nutrition magnésienne fait apparaître des différences importantes entre la province de Riau et le sud de la province de Nord-Sumatra.

Alors que des doses relativement faibles de kiésérite (< 1 kg/arbre) maintiennent de bons niveaux initiaux en magnésium au Riau, de fortes doses (± 3 kg/arbre) sont nécessaires pour améliorer des faibles teneurs originelles sur le second site, ce qui oblige à surveiller de près la nutrition potassique. Les recommandations de fertilisation doivent tenir compte de ce phénomène. Ces études montrent par ailleurs l'inefficacité de la kiésérite Green de Sumatra pour la nutrition magnésienne des palmiers.

Application aérienne des engrais minéraux

Des études ont débuté afin de préciser les conditions et les conséquences d'application des engrais minéraux par voie aérienne. Trois axes sont examinés :

- la définition des paramètres d'application (densité des passages) en fonction de l'homogénéité de la distribution des engrais ;
- les doses à apporter par rapport aux applications manuelles « concentrées aux pieds des arbres » ;
- les risques (ou les réductions) de pollution des eaux de surface et des eaux souterraines.

Produits alternatifs aux engrais minéraux

L'utilisation contrôlée des sous-produits d'huilerie (rafles de régimes, effluents) constitue une alternative partielle à l'application des engrais minéraux classiques. Les conditions d'utilisation (doses, périodicité...) sont en cours d'étude. L'objectif est triple :

- utiliser la valeur nutritive de ces produits pour l'alimentation minérale des palmiers ;
- réduire les risques de pollution liés à un rejet massif non contrôlé de ces déchets ;
- utiliser ces sources de fertilisants organiques pour améliorer les caractéristiques physico-chimiques des sols.

Logiciel de gestion de la nutrition minérale

Le logiciel de gestion de la nutrition minérale des plantations (Data-Palm) comprend un module permettant d'établir les recommandations de fertilisation, en fonction de barèmes de fumure préalablement mis au point à partir des résultats des essais en champ. Il exploite ainsi la base de données créée par le module principal du logiciel. Cet outil représente une aide essentielle à la gestion de la fertilisation des plantations. Cependant un développement plus poussé des différentes fonctions est encore nécessaire pour l'expression de ses pleines possibilités.

En Amérique latine

Le modèle donnant l'évolution des teneurs en azote en fonction de l'âge, étudié par l'unité de recherche en agronomie dans le nord de Sumatra, convient bien à la plupart des zones de culture du palmier à huile en Colombie (Magdalena medio, Llaños orientales, bassin amazonien) et en Equateur, en particulier sur le versant Pacifique (environ 75 000 ha de plantations). En revanche, on observe peu d'effet de l'azote sur la nutrition et la production du palmier à huile. Si la loi générale semble respectée, les teneurs en N se maintiennent à partir de 8 ans environ à un niveau sensiblement inférieur (figure 1). Ce comportement de la nutrition pourrait être sous la dépendance des conditions climatiques caractérisées par une pluviométrie de type moussonique et un faible ensoleillement (moyenne $< 1\,000$ h/an). Sur le plan pratique, il semble donc illusoire de pouvoir atteindre le niveau critique classique, mais aussi inutile en raison de l'absence de réponse de la production. Cette observation permet de gérer la nutrition azotée à moindre coût. De plus, l'ion NH_4^+ s'avère nettement dépressif pour le magnésium, élément pour lequel il existe une déficience native marquée.

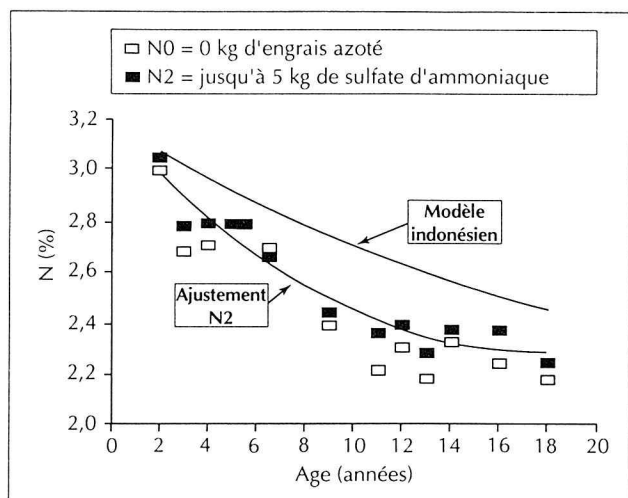


Figure 1. Evolution des teneurs en azote.

Lutte contre les ravageurs du palmier à huile

Piégeage olfactif

Une coopération avec le département de phytopharmacie de l'Inra, équipe des médiateurs chimiques, s'est donc engagée et poursuivie en 1996 et 1997, pour la mise au point du piégeage du *Curculionidae Rhynchophorus* et pour celui des *Dynastidae O. rhinoceros* et *Scapanes australis*.

Sur *Oryctes rhinoceros*, le composé majoritaire de la phéromone (4-méthyl-octanoate d'éthyle) a été identifié à partir d'insectes reçus d'Indonésie et des Philippines et confirmé par une expérimentation sur le terrain (collaboration avec le centre Iopri de Marihat). C'est le même que celui qui a été identifié comme composé de la phéromone d'*O. monoceros*, en Afrique, en 1995, par Hallet *et al.* Des diffuseurs renfermant ce composé ont été expérimentés au Ghana. Les captures ont été peu importantes pour des raisons qui restent à préciser. Des améliorations doivent être apportées sur le type de diffuseur et le modèle du piège.

En raison des grands programmes de replantations en Indonésie, l'*Oryctes* reste le ravageur le plus important en zone cultivée. Le *zero burning*, méthode désormais généralisée à Sumatra et Kalimantan, a pour effet d'augmenter les populations d'*Oryctes* favorisées par les stipes de palmiers morts constituant autant de gîtes larvaires. La méthode préventive, utilisant la plante de couverture pour réduire les populations, n'est plus suffisante. De même, la lutte chimique, coûteuse et peu respectueuse de l'environnement, s'avère insuffisante. C'est pourquoi les recherches se sont orientées vers l'utilisation de phéromones agissant comme attractifs pour piéger les *Oryctes*.

Les modalités d'application de phéromone d'agrégation ont été précisées en Indonésie :

- le modèle du diffuseur et la quantité de phéromone diffusée jouent un rôle important dans les captures (figures 2 et 3) ; le récipient d'une capacité de 3 gallons avec un couvercle perforé de 5 trous de 5 cm de diamètre, pour une diffusion de 18 mg/jour de phéromone, permet de récolter le maximum d'insectes (25 par nuit) ;
- la position du piège intervient de manière significative dans le nombre d'*Oryctes* capturés (figures 4, 5 et 6) sur l'andain en jeune culture, puis à 3 m de hauteur en palmeraie ;
- un piège à l'hectare semble la densité optimale.

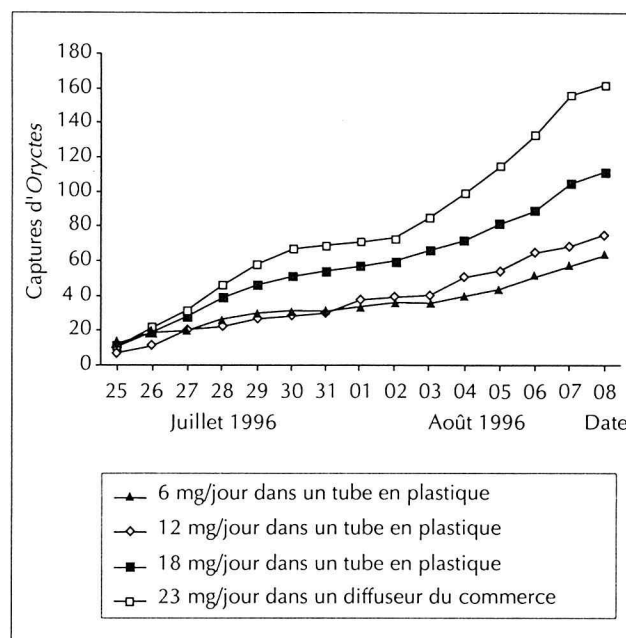
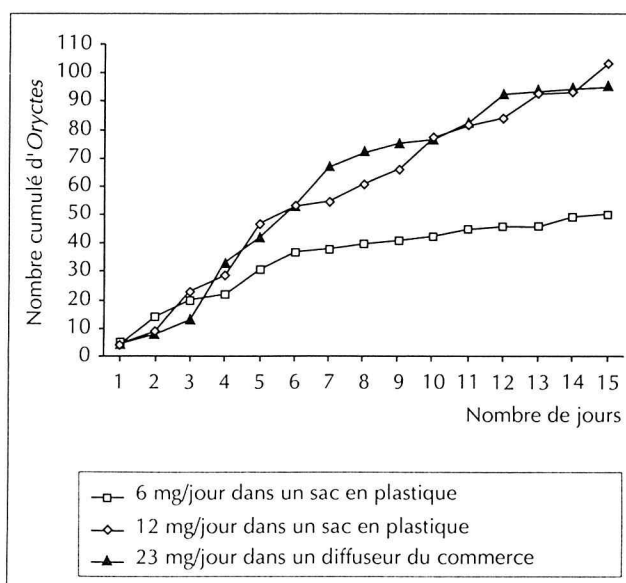
Figure 2. Modalités de diffusion de la phéromone d'*Oryctes*.

Figure 3. Comparaison de trois types de diffusion de phéromones.

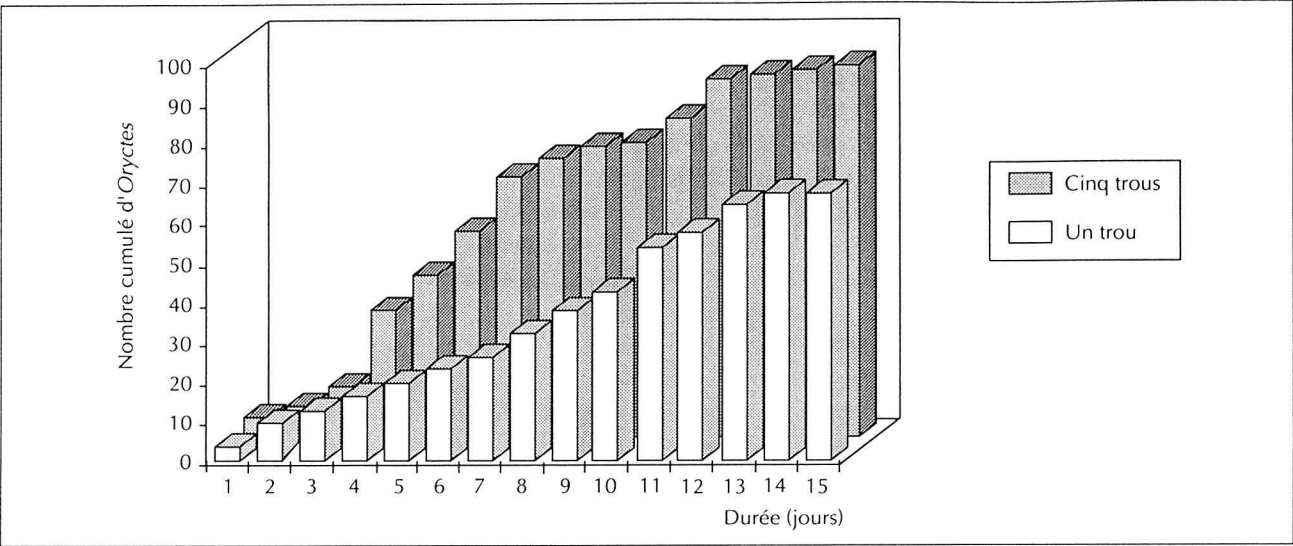


Figure 4. Pièges à phéromone avec un ou cinq trous.

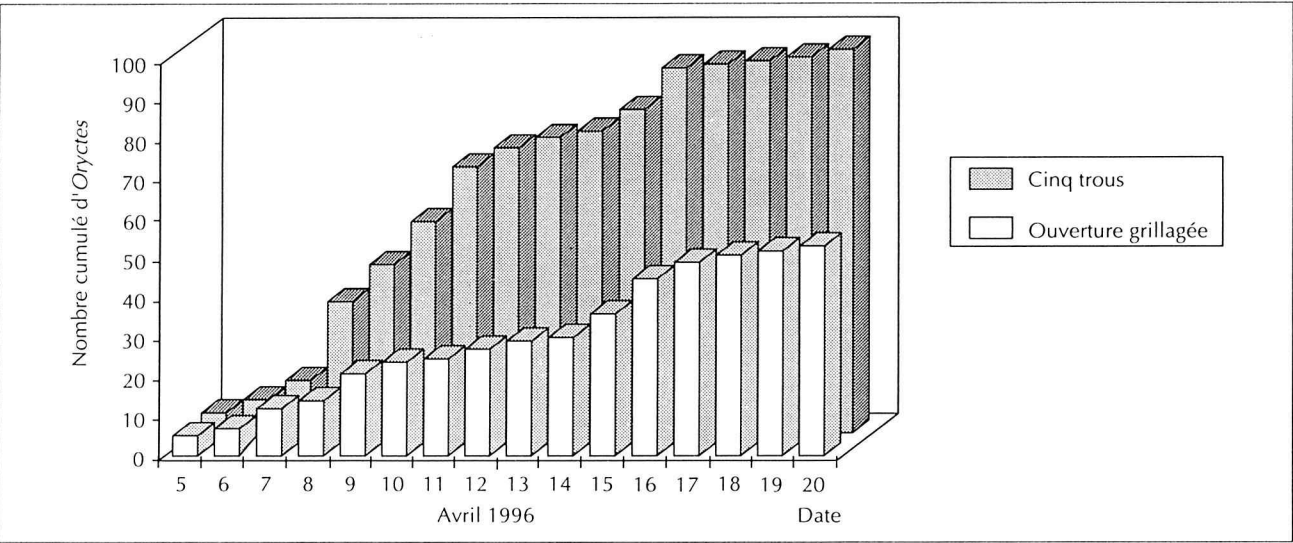


Figure 5. Comparaison de nouveaux types de piège à phéromones.

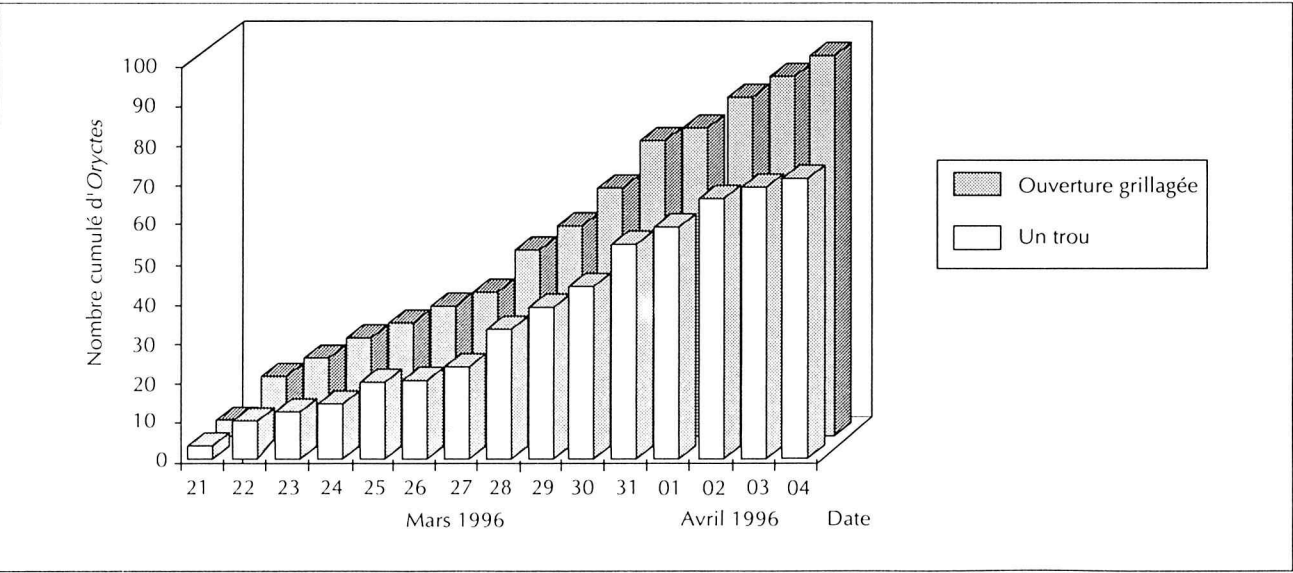


Figure 6. Comparaison de deux types de piège à phéromones.

Le piégeage montre que l'on peut limiter les dégâts ; mais il est nécessaire de continuer le piégeage jusqu'à 18 mois. Le coût de l'utilisation de la phéromone est trois fois moins élevé que celui d'un traitement classique.

Afin d'accroître des moyens pour progresser plus rapidement, un projet a été déposé auprès de l'Ue : *New technology of pest management against insect pests of oil palm and coconut crops: research and development of selective trapping using synthetic attractants*.

Ce projet, accepté en avril 1997, associe trois partenaires du Sud, producteurs de palmiers et de cocotiers (Cenipalma en Colombie, Ccri en Papouasie-Nouvelle-Guinée, Iopri en Indonésie) et 3 organismes européens (Cirad-cp, Inra en France, Inia en Espagne) avec deux Pme (Egno-chimie, Agrisense-Bcs Ltd).

Le projet vise à développer le piégeage de masse des ravageurs des palmiers : coléoptères rhynchophores, *Oryctes* et espèces voisines sévissant en Amérique latine, en Asie du Sud-Est et dans le Pacifique. Le contrôle de ces insectes devient plus difficile d'une part, en raison de leur nouveau développement avec l'intensification des cultures et le renouvellement des vieilles plantations et, d'autre part, à cause des nouvelles réglementations dans l'usage des insecticides.

Un séminaire pour le lancement de ce projet a été organisé en octobre 1997, au centre Inra de Versailles. Il réunissait des représentants de tous les organismes participants. Au cours de ce séminaire, l'état des connaissances sur la communication chimique de ces insectes a été présenté. Le programme de travail pour la première année a été discuté et élaboré. Il prévoit des échanges de missions et de stages entre les participants.

Termes *Coptotermes curvignathus*

La maîtrise de l'élevage du termite *Coptotermes curvignathus* est un passage obligé pour tester l'efficacité des pesticides. Des colonies très actives de *Coptotermes* sont maintenues en élevage avec succès à partir de couples isolés au moment de l'essaimage. Des régulateurs de croissance, à effet *slow release*, véhiculés par les termites jusqu'au cœur de la colonie, montrent une bonne efficacité destructrice. A cette fin, le piégeage de termites à l'aide d'appâts associés à ces régulateurs de croissance est une technique prometteuse pour transporter la matière active jusqu'à la colonie.

Amélioration de l'élevage de *Tyto alba*, chouette prédatrice des rats

Pour augmenter la fécondité, un nouveau nichoir à double-étage est en cours de test. Dans les nichoirs précédents, la nouvelle ponte ayant lieu avant que les jeunes ne se soient envolés, il y a surpopulation. Le nichoir à étages offre des compartiments différents pour la ponte et pour les jeunes n'ayant pas encore pris leur envol.

Un essai a montré qu'il est possible de nourrir les chouettes, à partir de nourriture décongelée, quelques heures avant la période d'activité nocturne des effraies. Il serait ainsi possible d'augmenter l'alimentation des chouettes par un apport supplémentaire en nourriture, additionné de vitamines *ad hoc*, juste avant la période de ponte.

Lutte biologique contre *Chromolaena*

Après avoir subi des tests de spécificité en cage *insect proof* le lépidoptère *Pareuchaetes*, a été libéré dans une première plantation où on avait pu constater en 1992-1995 la bonne dispersion de l'insecte dans des conditions de faible développement de *Chromolaena odorata*. Un autre insecte a fait l'objet d'une introduction. Les études biologiques et les tests de spécificité ont été conduits en 1994-1995.

La visite de la plantation de Manggala (groupe PT Salim) a permis d'observer la dispersion et l'impact de *Pareuchaetes*, dans une situation où la pression de *Chromolaena* était plus importante que dans la plantation précédente.

Les lâchers ont été réalisés en un seul point, de mai à octobre 1992, sous la forme de chenilles et d'adultes, avec les nombres d'individus suivants : 500 en mai, 6 000 en octobre et 8 000 en novembre. Un an après le lâcher, on observait l'insecte à 2 km avec des populations variant en moyenne de 36 à 152 chenilles pour 5 m². Deux ans après le lâcher, l'insecte était détecté à 15 km et à 25 km au bout de 3 ans.

Des observations réalisées à 25 km montrent une très bonne présence de l'insecte sous la forme d'adultes et de chenilles, à différents stades de développement. On observe également des défoliations très importantes, sur buissons assez volumineux, entraînant un dessèchement complet de la plante ou sur jeunes repousses.

En plantation de palmiers à huile dans la province de Riau, le dessèchement de *Chromolaena* par *Pareuchaetes* permet d'éviter un rabattage quatre fois par an. Un seul suffit pour éliminer les tiges desséchées de *Chromolaena*. Le coût est ainsi diminué des trois quarts.

Les galles formées par *Procecidochares*, ne détruisent pas la plante, mais diminuent sa croissance en hauteur et le nombre de fleurs émises. Un parasitoïde local, *Chalcidoidea ormyridae*, s'est adapté à cette espèce mais jusqu'à présent le taux de parasitisme n'excède pas 5 %. En revanche, sur un des sites, une fourmi *Pseudomyrmicinae* peut détruire jusqu'à 62 % des larves du diptère à l'intérieur de la galle.

Il est donc incontestable que *Pareuchaetes* a joué un rôle important dans la réduction des populations de *Chromolaena*, mais que l'insecte n'est pas le seul facteur. D'autres adventices comme *Mikania* sp., *Lantana* sp. ou *Melastoma* sp., prennent parfois, notamment en très jeune culture, un développement supérieur à celui de *Chromolaena*. De toutes manières, 4 à 5 ans après la plantation, l'ombrage fait par les palmiers a raison du développement de *Chromolaena* et des autres adventices. On peut cependant douter que le développement de *Chromolaena* soit, dans le jeune âge, sur la plantation visitée, un réel problème comme il peut l'être dans certaines situations en Afrique. Il sera très intéressant de suivre l'impact de *Pareuchaetes* sur des populations de *Chromolaena* ayant une vigueur beaucoup plus importante, comme il semble que ce soit le cas dans le Sud de Kalimantan.

Le diptère *Tephritidae Procecidochares connexa*, qui tараудe l'extrémité des jeunes pousses, avec comme conséquence la formation de galles, a été libéré en plusieurs situations. Il est encore trop tôt pour mesurer l'incidence des attaques de cet insecte sur le développement de *Chromolaena*.

Dans le cadre d'un projet Aciar, un autre agent biologique a été aussi importé d'Amérique centrale— *Actinote anteas*, *Lepidoptera Acraeidae*— selon les règles de quarantaine en vigueur. Cette espèce, dont les chenilles et les adultes sont pourvus de glandes répulsives, devrait être protégée des prédateurs.

On s'est aperçu qu'une forme très spécifique de l'espèce *A. anteas* consomme activement *Mikania micrantha*, adventice nuisible très envahissante en plantation de palmiers à huile, sur sols minéraux assez humides et sur tourbe. Ainsi, il semblerait que pour la première fois, une solution biologique soit sur le point d'être trouvée pour le contrôle de *Mikania* après les échecs répétés essuyés aux îles Salomon et en Malaisie.

Itinéraires techniques et expertises

Les sociétés de plantation d'Amérique latine reçoivent régulièrement l'appui technique de F. Corrado. Certaines ont sollicité le concours d'autres spécialistes en agronomie, en amélioration végétale, en défense des cultures et en technologie post-récolte. Des conventions d'assistance technique sont également

signées avec des sociétés situées en Afrique : Safacam et Spfs au Cameroun, Palmafric en Côte d'Ivoire.

Ces visites donnent lieu à la rédaction de rapports techniques traitant de la préparation du terrain, de l'état des cultures (pépinières et cultures en rapport), de la situation de la nutrition minérale, de l'état phytosanitaire ou des conditions de production d'huile de palme accompagnés de recommandations pour corriger les anomalies constatées et améliorer la production.

Le laboratoire d'analyse minérale assure les analyses d'échantillons foliaires venant de plusieurs plantations d'Amérique latine, d'Asie et d'Afrique. L'unité de recherche agronomie intervient dans l'exploitation des résultats et formule les conseils appropriés pour le contrôle de la nutrition minérale.

En Indonésie, les premiers résultats obtenus sur le réseau d'essais de fertilisation ont été traduits en terme de barème de fertilisation, par éléments minéraux et par situation pédo-climatique. Ces barèmes ont été appliqués, en 1996 et 1997, sur près de 85 000 ha de plantations industrielles en production.

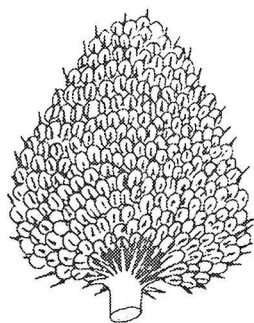
Par ailleurs, ces résultats ont été adaptés pour fournir des recommandations pour plus de 15 000 ha de plantations villageoises en production, situées dans les mêmes aires que les cultures précédentes. Dans ce cas, l'organisation socio-économique spécifique a conduit à définir des barèmes de fertilisation simplifiés, à dose unique pour chaque engrais et pour chaque site.

L'étude de l'effet (*feed-back*) de l'application de ces différents barèmes à grande échelle permettra, d'une part, leur amélioration progressive, en conjonction avec les résultats d'essais à venir et, d'autre part, un ajustement éventuel du programme de recherches local et du réseau d'essais.

L'expertise de plantations s'est particulièrement développée en 1996-1997 en Afrique, en Côte d'Ivoire notamment, avec la participation de B. Tailliez, P. Quencez et J.M. Noël, dans le cadre de la préparation des dossiers d'appel d'offre en liaison avec la banque Indosuez, pour la privatisation de Palmindustrie.

En Indonésie, à la demande de la Rabobank et de l'Ubs, B. Tailliez, J.M. Noël, P. Quencez et C. Jannot sont intervenus pour établir des bilans agronomiques et technologiques, en vue de la vente ou de la cotation en bourse de plantations.

Une mission d'expertise d'un mois a eu lieu en 1996 au Nigeria à la demande de l'Union européenne, sur un projet de développement de la culture du palmier à huile dans la région du delta du Niger. Elle avait pour objectif de faire un bilan agronomique des plantations créées depuis 1992, de juger de la pertinence des travaux d'aménagement pour éviter les inondations et d'établir les recommandations et les itinéraires techniques les plus appropriés pour la poursuite du projet.



Les endémies mal connues du palmier à huile

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

F. Coírado, responsable ;

P. Amblard, A. Berthaud, B. Cochard, H. de Franqueville, M. Dollet, T. Durand-Gasselin, Y. Duval, D. Mariau, J. Meunier, E. Muller, J.M. Noiret, B. Nouy, B. Perthuis, J.L. Renard, A. Rival.

Partenaires : E. Barcelos (Embrapa, Brésil), P. Genty (Colombie).

La pourriture du cœur (PC) du palmier à huile et la *marchitez* sont au centre de ce projet. Pour la PC, les activités se sont considérablement réduites depuis le départ d'Equateur de B. Perthuis. Seules les évolutions de la maladie sur le terrain, pour les plantations de Palmeras del Ecuador et de Palmeras de los Andes, continuent d'être analysées. Les études étiologiques ont été (au moins provisoirement) arrêtées. La remise en cause de la notion même de maladie, avancée par certains organismes tel que Cenipalma ou des scientifiques brésiliens, pose de nouvelles interrogations sur les voies de recherches à entreprendre en étiologie. La preuve irréfutable de l'existence de facteurs de résistance de l'*Elaeis oleifera*, établie à multiples reprises dans différents pays, permet, néanmoins, d'asseoir le programme d'amélioration sur des bases solides.

Pourriture du cœur

Situation sanitaire alarmante dans certaines plantations

Les chiffres de la progression de la pourriture du cœur en Oriente équatorien ont atteint de nouveaux sommets (tableau 1).

Depuis l'apparition de la maladie, des cultures âgées de 15 ans ont été détruites à 80 %. Les plus forts dégâts à Palmorientie pourraient être le fait d'une pluviosité plus élevée, favorisant une expression plus précoce et plus importante des symptômes.

Recherches étiologiques

Le programme palmier a cessé toute recherche sur l'agent étiologique et sur son éventuelle transmission par un insecte vecteur. Cependant, il s'informe sur les développements dans ce domaine.

La tentative de reproduire la maladie en Amazonie équatorienne, à l'instar des travaux conduits sur les champignons par Cenipalma dans les Llaños, s'est soldée jusqu'à présent par un échec. Les chercheurs colombiens considèrent que l'apparition et le développement de la maladie pourraient dépendre d'un ensemble complexe de facteurs. Les caractéristiques physiques du sol (conductivité hydraulique, pH) et les conditions climatiques (pluviométrie, température, humidité relative) favoriseraient ainsi la contamination et l'infection.

Dans ce complexe, un *Thielaviopsis* sp. ou sa forme parfaite *Ceratocystis* sp., tiendrait une place importante.

Chaque société a, pratiquement, son propre programme de recherches axé sur la nutrition minérale, le rôle des nitrites, les carences en zinc, manganèse ou calcium. Denpasa, société brésilienne, révisé également sa position et semble s'orienter vers une hypothèse physiologique. La plus grande confusion s'installe donc sur ce sujet sans apporter réellement d'idées nouvelles et de résultats consistants.

Les traitements curatifs, entrepris au cours de 1996, sur des jeunes cultures (arbres de 4 à 6 ans), pour pouvoir atteindre sans trop de difficultés les feuilles centrales, semblent peu efficaces ; à peine 10 % des arbres traités ont montré une réaction positive à l'élimination des tissus malades suivie de l'application d'une pâte cicatrisante (fongicide, bactériologique). Ces traitements ont principalement valeur de diagnostique, car ils sont impraticables sur des cultures âgées en raison de la hauteur des arbres.

Tableau 1. Incidence cumulée de la pourriture du cœur (% d'arbres plantés).

Plantation	Année de plantation	Année d'observation				
		1992	1993	1994	1995	1996
Palmeras del Ecuador	1979-1980	13,5	15,1	19,2	25,0	33,5
	1981	6,0	6,9	8,1	14,7	18,3
	1982	8,0	9,3	10,3	15,2	17,0
	1983	2,0	3,0	4,1	5,1	6,2
Palmoriente	1982*	13,8	16,4	22,1	38,5	52,3
	1983*	8,8	10,2	12,1	15,0	21,0
	1984**	7,7	9,5	12,0	17,3	22,2
	1992*	-	0,1	0,5	3,5	6,0

*matériel Irho

**matériel Harrison & Crossfield

Tests d'évaluation
du matériel hybride

La diffusion de matériel hybride *Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis* produit par les stations de Rio Urubu (Brésil), de La Mé (Côte d'Ivoire), de San Alberto (Colombie) à l'aide du pollen fourni par la station de Pobé (Bénin) a été poursuivie. Deux essais en dispositif statistique ont été mis en place en 1997, en vue d'entreprendre l'évaluation agronomique de ce matériel.

Maladies à trypanosomes

Ce programme, qui bénéficiait du soutien financier de l'Union européenne (Std 3), s'est achevé en 1995. Les travaux ont été parachevés en 1996.

Variabilité épidémiologique

La variabilité des trypanosomatides associés à la *marchitez* du palmier et au *hartrot* du cocotier a été confirmée par une étude sur le polymorphisme de l'ADN total amplifié au hasard (Rapd). Les résultats obtenus confirment entièrement ceux enregistrés par l'étude des isoenzymes : il semble exister deux groupes distincts de trypanosomatides intraphloémiques associés aux dépérissements des plantes cultivées en Amérique du Sud (figure 1). Si le premier groupe ne comporte que des isolats associés au *hartrot*, le second comprend aussi bien des isolats *hartrot* que *marchitez* ou dépérissement de l'*Alpinia purpurata*. Par ailleurs, ces groupes sont indépendants de l'origine géographique puisque le premier comprend des isolats de Guyane et du Brésil, le deuxième de Guyane, du Brésil, de Colombie, d'Equateur et de la Grenade. De plus, deux isolats provenant d'une même cocoteraie peuvent appartenir chacun à un groupe différent. Enfin, les groupes ne

semblent pas non plus liés au vecteur puisque les isolats Hart 3 et Hart 13 appartiennent à deux groupes différents. Or, ces deux isolats proviennent de la seule cocoteraie en Amérique du Sud où le vecteur du genre *Lincus* n'a jamais été trouvé, mais où une autre punaise, *Ochlerus* sp., semble vectrice du *hartrot*.

Les trypanosomes intraphloémiques, s'ils présentent donc une variabilité bien évidente, forment cependant un groupe bien identifiable parmi les autres trypanosomatides de plantes (du latex ou de fruits) et il apparaît comme un groupe monophylétique défini par embranchement synapomorphique obtenu avec un des primers utilisés (3a, figure 1).

Pathogénie

Pour prouver la pathogénie, il fallait pouvoir réintroduire les trypanosomes cultivés *in vitro* dans une plante saine. Seul l'insecte vecteur peut réintroduire le pathogène dans le phloème. L'élevage étant au point, il devenait nécessaire de trouver une méthode pour faire absorber ces trypanosomes cultivés par les insectes sains d'élevage. Ceci a demandé un long cheminement car ces insectes peuvent résister très longtemps au jeûne. C'est en modifiant les conditions d'humidité, en plaçant les punaises en atmosphère sèche pendant 2 à 3 heures, qu'il a été possible d'obtenir l'absorption des trypanosomes. Ils sont retrouvés, plusieurs semaines plus tard, dans l'intestin, mais à ce jour la maladie n'a pu être reproduite. L'origine de cette non-transmission pourrait être due à la perte de la capacité des trypanosomes d'atteindre les glandes salivaires. Les recherches se poursuivent pour déterminer si cette perte de capacité provient de l'élevage de l'insecte ou de la culture *in vitro* des trypanosomatides.

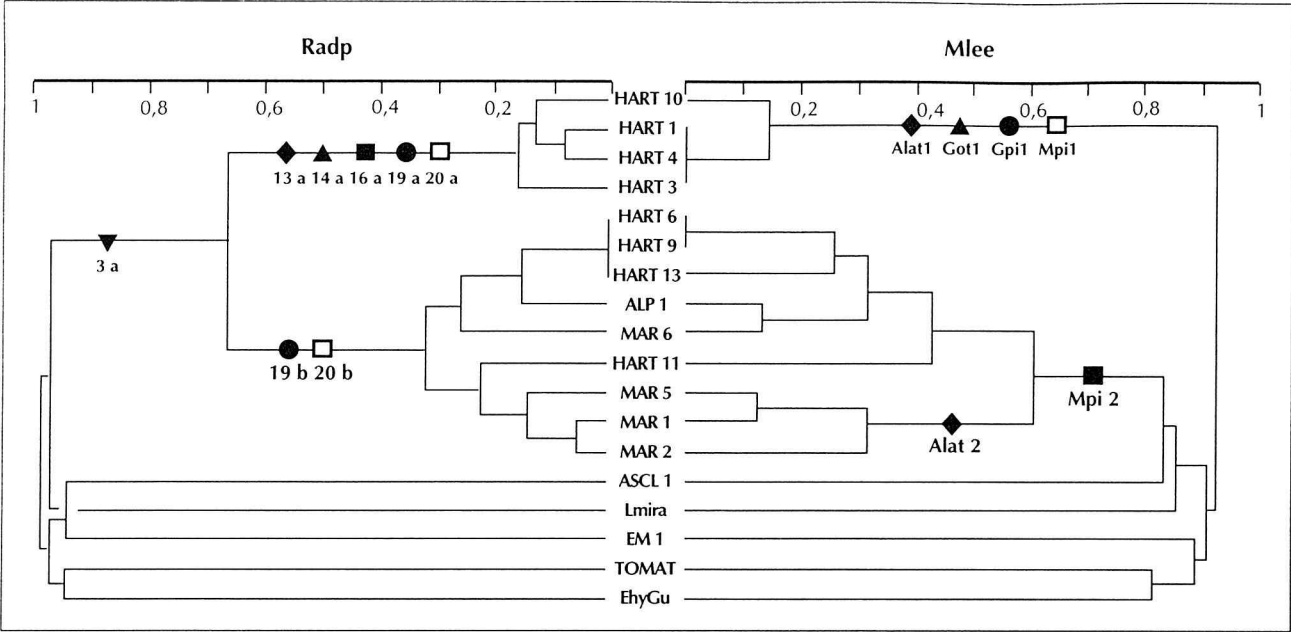
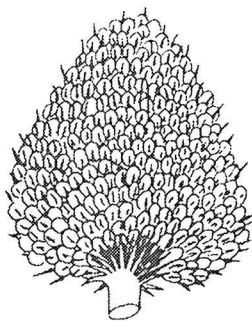


Figure 1. Corrélation entre les dendrogrammes de 18 isolats de trypanosomatides de plantes, obtenus soit à partir des isoenzymes (Mlee), soit des Rapd.

- Hart isolats cocotier
- Mar isolats marchitez palmier
- Ascl isolat *Asclepias curassavica*
- Alp isolat *Alpinia purpurata*
- Lmira *Leptomonas mirabilis* (trypanosome d'insectes)
- EM1 isolat du latex d'*Euphorbia pinea*
- EhyGu isolat du latex d'*E. hyssopifolia* de Guyane
- Tomat isolat de fruit de tomate



L'extraction de l'huile de palme et ses relations avec la plantation

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

J.M. Noël, responsable ;

J. Graille, P. Hornus, M. Pina, A. Rouzière.

L'évolution de la technologie reste marquée par le nouveau procédé d'extraction Drupalm®. Après une période expérimentale de mise au point, ce procédé a été breveté, puis présenté au secteur professionnel à l'occasion du Pipoc 1996.

Drupalm® : un nouveau procédé d'extraction d'huile du palmier

Le procédé Drupalm®, basé sur l'extraction simultanée des huiles contenues dans la pulpe du fruit et dans l'amande, permet d'obtenir une huile Drupalm®, mélange à 95 % environ d'huile de palme et 5 % d'huile de palmiste.

Au début de l'année 1995, un pilote industriel installé dans deux conteneurs de 20 pieds a été implanté à l'huilerie de Nkapa (Socapalm au Cameroun) et testé lors de deux campagnes d'essais de 2 à 3 semaines. Il a été mis à la disposition du Cirad par un constructeur d'équipements, la société Flottweg (groupe Krauss Maffei), et partiellement financé par l'Anvar Languedoc-Roussillon.

Au cours de l'année 1996, diverses actions ont été entreprises :

- une dernière campagne d'essais sur site, au Cameroun, a confirmé les résultats obtenus antérieurement et a exploré de nouvelles voies susceptibles d'améliorer encore les rendements d'extraction du procédé Drupalm®. Un bilan massif a également été fait à cette occasion ;
- la marque Drupalm® a été déposée conjointement par Flottweg et le Cirad dans la majorité des pays producteurs et utilisateurs d'huile de palme ;
- une demande de brevet protégeant le procédé a été déposée le 27 juin 1996 et enregistrée sous le n° FR 96 07992 ;
- le procédé d'extraction d'huile Drupalm® a été officiellement présenté à l'occasion du Pipoc 1996 (Porim International Palm Oil Congress) qui s'est tenu

à Kuala Lumpur du 23 au 28 septembre 1996.

Une communication intitulée *Palm Oil Mills : a new process* a été exposée dans le cadre du module *Chemistry & Technology and Soap & Detergent Industry Conference*. Flottweg et le Cirad étaient par ailleurs présents en permanence sur un stand d'exposition commun ;

- le démarrage d'une ou deux lignes de production basées sur le procédé Drupalm® est désormais l'objectif principal.

Traitement des effluents liquides

La réflexion sur le traitement des effluents liquides des huileries de palme, par un système de filtration conçu en collaboration avec la société Gec Alstom Sapag, s'est poursuivie en 1996. Avant de tester un prototype industriel de filtre sur une huilerie de palme africaine, il a cependant été décidé de faire des essais préliminaires, moins coûteux, sur des sites français rejetant également des effluents très chargés.

Le filtre Graviflow a ainsi été testé sur des eaux de lavage de légumes, sur des eaux résiduelles de laiterie, sur du lisier de porc et sur les effluents d'une station d'épuration d'abattoirs de porcs. Les tests ont confirmé les premiers essais effectués sur effluents d'huilerie de palme et permis de mettre au point des techniques de décolmatage efficaces.

Les négociations, avec Gec Alstom, pour la mise en place d'un filtre Graviflow, sur une huilerie de palme appartenant à un important groupe agro-industriel indonésien, n'ont pu aboutir. Un projet Inco a été présenté en collaboration avec le département Forêt du Cirad.

Evaluation des petites technologies

A la demande de la Caisse française de développement, le Cirad-cp a fait, en 1995, une évaluation des technologies couramment utilisées à

l'échelle artisanale en Afrique. L'étude a permis de comparer, objectivement, les performances des équipements testés. Elle a montré que les résultats obtenus, tant sur le plan technique qu'économique, dépendent d'avantage de la compétence des entrepreneurs que des équipements qu'ils mettent en œuvre. C'est donc en assurant une meilleure formation des entrepreneurs que l'on pourra améliorer le plus significativement les performances de ce secteur d'activité.

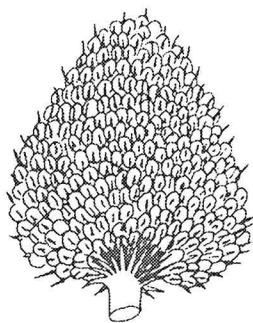
A la suite de cette étude, le Cirad-cp participe activement à la mise en place d'une cellule technologie à la Station de recherche sur le palmier à huile de Pobé au Bénin, sur financement partiel de la Cfd. Le Cirad est intervenu en particulier pour :

- la formation du responsable de cette cellule avec 6 semaines au centre de Montpellier pour acquérir les bases théoriques de l'extraction de l'huile de palme, puis 2 semaines au Cameroun pour visiter différents constructeurs d'équipements et sites de production ;
- l'appui technique par deux missions effectuées en janvier 1996.

Appui technique et expertise

Plusieurs missions ont été effectuées, en particulier :

- l'appui technique à la Socapalm avec 3 missions en 1996-1997 pour le suivi des huileries de palme du groupe ;
- l'évaluation des sociétés Spfs et Srl du groupe Siph, pour le compte de la Cfao ;
- la privatisation de Palmindustrie : une mission pour le compte de la banque Indosuez, dans le cadre du consortium Cirad-Indosuez-Arthur Andersen ;
- une mission d'évaluation de l'huilerie de graines, pour le compte du Comité de privatisation de Côte d'Ivoire ;
- l'appui technique à Palmafrique en Côte d'Ivoire ;
- l'évaluation du groupe Asian Agro Lestari et de PT Eka Pendawa Sakti en Indonésie, pour le compte de la Rabobank de Singapour ; l'évaluation du groupe PT Asian Agri avant son introduction en bourse, pour le compte de l'Ubs de Singapour.
- deux missions d'appui au Bénin dans le cadre du projet Cfd.



Lipochimie appliquée à la valorisation des produits du palmier à huile

Ont travaillé à la réalisation de ce projet :

J. Graille, responsable ;

N. Chirat et C. Larguèze (en préparation de thèse), P. Lozano, M. Pina, D. Pioch, en collaboration avec le Cirad-sar.

Partenaires : laboratoire des matériaux et procédés membranaires de l'université Montpellier II, laboratoire de physico-chimie et génie alimentaire de l'Ensaia de Nancy, Inserm, Chu de Montpellier, Ensam de Montpellier (France), laboratoire des sciences des aliments de l'université de Marrakech (Maroc), Usda (Etats-Unis), Porim (Malaisie).

Application de la technologie membranaire au raffinage des huiles

Ces travaux, qui s'inscrivent dans le cadre de la thèse de C. Larguèze (soutenue en mai 1997), sont motivés par la diversification des usages des huiles et la nécessité de réduire les nuisances environnementales. L'amélioration des débits, dans le cas du raffinage en filtration tangentielle (FT), s'accompagne d'une baisse de la qualité des huiles raffinées par rapport à la filtration frontale.

Les progrès réalisés en 1996 dans l'optimisation des paramètres expérimentaux (diamètre des pores et nature de la membrane en particulier) ont permis de retrouver l'efficacité du raffinage en FT, lorsque la température ne dépasse pas 35 °C. Les premiers essais pilotes ont produit, sans problème majeur, 50 kg d'huile raffinée (tournesol).

Dans le cas particulier de l'huile de palme, le procédé mis en oeuvre à 60 °C n'est pas, pour l'instant, amélioré par le passage en FT car le gain sur le débit s'accompagne d'une baisse de la rétention des phospholipides. Outre l'économie d'énergie et la réduction des rejets, ce procédé autorise la préservation de composés utiles partiellement décomposés ou éliminés au

cours du raffinage classique (antioxydants, vitamines). Une application est envisagée dans cette voie.

Ces travaux ont donné lieu à deux communications (séminaire de Reims et colloque d'Istanbul).

Contribution à la diversification de la production lipochimique

Etude de la voie cétonique

L'opération vise à proposer une alternative à la synthèse des composés lipochimiques de base habituels, via la fabrication de lipocétones. La particularité des dérivés des cétones réside dans la structure ramifiée de la chaîne hydrocarbonée, contrairement à la quasi totalité des composés industriels du marché (les acides gras de palme et de palmiste constituent pour la lipochimie une source de composés de longueur de chaîne variée). La thèse de R. Lescure, soutenue fin 1995, a débouché sur plusieurs études en collaboration avec le Porim et les industriels de Malaisie.

- La prospection du milieu industriel malaisien, depuis 1995 (une mission en 1996), a débouché sur la demande d'échantillons de méthylcétones par la société Matrix. Le réacteur pilote, déjà testé avec le Porim, a été utilisé pour la fabrication de ces composés, lors du deuxième stage au Cirad d'Abdul Rashid (fin 1996), dans le cadre de l'accord de collaboration conclu avec cet organisme. Après purification, les trois échantillons d'un kilogramme sont destinés à être testés par Matrix comme composants d'arômes.

- Le stage de A. Rashid a aussi permis de lancer la fabrication de cétones à partir de coupes d'acides gras de palmiste, en vue de la synthèse de détergents. Le directeur général du Porim et sa collaboratrice, res-

ponsable des recherches en lipochimie, ont été accueillis à Montpellier. Une conférence donnée lors du congrès Pipoc à Kuala Lumpur a porté sur les premiers résultats obtenus avec le Porim.

Synthèse et propriétés de composés à chaîne ramifiée pour lubrifiants

Ce thème constitue également une suite aux travaux de thèse de R. Lescure : l'objectif est d'obtenir des esters, à partir d'alcools gras secondaires dérivés de lipocétones, et d'étudier ensuite les propriétés en lubrification.

Après la mise au point de protocoles compatibles avec les contraintes de la production industrielle, des alcools dérivés de cétones (palmiste) ont été estérifiés avec des acides gras (fractions de palme ou tournesol oléique). Les propriétés physico-chimiques des esters sont étudiées en vue d'une application en lubrification par la société Christol Grease. Compte tenu de ses bonnes performances à froid, un mélange de dérivés de palmiste a été sélectionné pour poursuivre les tests industriels après formulation de plusieurs kilos de graisse (performances techniques et biodégradabilité). Parallèlement, afin de connaître la faisabilité sur le plan économique, les coûts sont estimés par Valagro, pour plusieurs échelles de production.

Synthèse et propriétés de composés à chaîne fonctionnalisée

L'objectif est l'introduction d'une fonction en utilisant la réactivité de la chaîne grasse dans l'environnement d'une insaturation. La fonctionnalisation de la chaîne (ester ou éther par exemple), très peu exploitée actuellement, pourrait jouer le rôle bénéfique d'une ramification sur les propriétés rhéologiques, tout en facilitant la biodégradation des composés, propriété recherchée notamment en lubrification.

L'addition d'un acide gras sur la double liaison d'une molécule d'acide oléique conduit à des composés dénommés estolides. Les essais effectués n'ont pas permis de sélectionner un catalyseur de type hétérogène suffisamment actif. En revanche, les premiers essais d'addition d'un alcool à faible condensation en carbone, sur une double liaison de type oléique, ont permis de trouver un catalyseur de type hétérogène pour réaliser la réaction dans des conditions modérées (170 °C).

Utilisation énergétique des huiles végétales

Composition chimique des biocarburants et fonctionnement des moteurs

Ces travaux s'inscrivent dans le cadre de la thèse de N. Chirat (soutenue en décembre 1996) et visent à définir le rôle de la composition en acide gras des triglycérides et celui des composants mineurs.

En 1996, des mesures de délais d'inflammation en vase clos ont été faites en collaboration avec l'Usda au cours d'un séjour de N. Chirat aux Etats-Unis, complété par une mission (D. Pioch). Ces résultats ont permis de valider les protocoles du Cirad-sar relatifs aux tests sur moteur au banc. La chimie précombustionnelle a aussi été étudiée afin de mieux comprendre le comportement par rapport au gazole ; contrairement à ce dernier qui est vaporisé rapidement, les huiles subissent au préalable une pyrolyse.

Cette étude présente notamment l'intérêt d'avoir été menée avec une série d'huiles de compositions chimiques bien maîtrisées, contrairement à la grande majorité des autres résultats publiés. En résumé, les propriétés de ces carburants sont plus sensibles à la composition en acides gras de l'huile qu'à la présence des constituants mineurs. En termes de délais d'inflammation, l'huile de palme et les huiles lauriques sont, sans conteste, les plus aptes à être utilisées comme carburants. L'effet des constituants mineurs (acides gras libres, diglycérides, phospholipides) n'est noté que lorsqu'ils sont présents simultanément. Contrairement à ce qui était admis, un moindre raffinage va même dans le sens d'une amélioration des propriétés. Si un raffinage poussé n'est donc pas justifié, il faut tout de même veiller à conférer aux huiles une stabilité suffisante au stockage. Après une étude conjointe avec nos collègues socio-économistes, l'utilisation des huiles, comme combustible ou carburant, pourra être développée sur des sites bénéficiant de conditions favorables (échanges économiques limités en raison d'une situation d'isolement).

Procédé de production de biocarburants

Le procédé simplifié de raffinage par filtration sur lit d'absorbant, mis au point au laboratoire en 1995, a été testé avec succès par le Cirad-sar sur une unité pilote capable d'utiliser 50 kg de biocarburant. Ce protocole vient s'ajouter au procédé simplifié de production d'esters éthyliques de coton, mis au point

en 1994, et à la formulation de biocarburants binaires ou ternaires (éthanol 95, esters, gazole), complétant ainsi le savoir-faire du Cirad-sar dans le domaine des moteurs.

Lipides : alimentation et santé

Etude des polyphénols de l'huile de palme, de l'huile d'olive et du café vert sur le stress oxydant

Les polyphénols de l'huile de palme (tocophérols et tocotriénols) sont traités dans le chapitre concernant les effets de l'huile de palme vierge, ou raffinée, sur les risques d'athérosclérose et de thrombose chez l'homme. Par ailleurs, 10 t de margines d'huile d'olive traitées par atomisation par ajout de maltodextrine et de caséinate de sodium ont permis d'extraire directement les polyphénols. Cette technique remplace l'extraction sur résines spécifiques. Des essais d'extrusion-sphéronisation ont également été réalisés sur 60 kg de margines.

Ces préparations vont être testées sur un modèle cellulaire, pour mesurer la capacité antioxydante des polyphénols. Parallèlement, la valorisation des polyphénols de l'huile de café vert a été abordée par le biais d'une lipophilisation consistant en une estérification biocatalysée avec des acides gras.

Structure glycéridique de l'huile de palmiste

La stéréodistribution des acides gras, sur les trois positions du glycérol dans les triglycérides des huiles lauriques (coprah et palmiste), a été étudiée en mettant en œuvre une enzyme (la diacylglycéralkirase) qui a la propriété de phosphoryler 1 000 fois plus vite la position *sn3* que la position *sn1* des diglycérides. La technique a été éprouvée sur le saindoux, corps gras témoin, dont la structure est déjà connue et qui a la particularité de présenter des compositions en *sn1* et *sn3* bien différenciées.

La stéréodistribution des acides gras dans les triglycérides de palmiste semble différente de celle des

triglycérides de coprah, notamment vis-à-vis des acides gras courts situés préférentiellement en position *sn1* par le palmiste et *sn3* pour le coprah. Quant à l'acide laurique, il est majoritairement situé, dans les deux huiles, en position centrale.

Interestérification et biofaçonnement des corps gras

Ce procédé permet l'obtention de triglycérides à chaînes moyennes, à partir des huiles lauriques traitées par des lipases à acides gras court (*Candida antarctica* et latex de *Carica papaya*). La réaction d'interestérification est mise en œuvre sur l'huile laurique elle-même ou contre ses propres esters méthyliques et quantifiée à partir de la composition en triglycérides. On augmente la proportion de triglycérides $\leq 32C$ de façon significative.

Effets de l'huile de palme vierge ou raffinée sur les risques d'athérosclérose et de thrombose chez l'homme

L'objectif majeur de ces recherches est l'étude de la biodisponibilité et des effets tocotriénols de l'huile de palme rouge, par rapport aux tocophérols, sur les paramètres sanguins indicateurs des risques d'athérosclérose et de thrombose chez l'homme sain.

Environ un kilo de concentrat de tocophérol et de tocotriénol d'huile de palme vierge a été obtenu à partir de 200 kg d'huile de palme rouge.

L'objectif est d'étudier la cinétique de l'incidence de la prise du concentrat de tocotriénols sur les lipoprotéines du plasma sanguin.

Après accord du comité d'éthique sur le protocole expérimental, la phase expérimentale clinique a commencé sur deux volontaires. Ils ont reçu en même temps que le petit déjeuner du matin le concentrat d'huile de palme enrichie en tocotriénols. Les prélèvements de sang ont été effectués juste avant la prise alimentaire, puis 1 h, 4 h, 8 h, 12 h, 48 h, 72 h plus tard. Les analyses sur le plasma et sur les lipoprotéines plasmatiques une fois isolées sont en cours. Les premiers résultats montrent que les tocotriénols ont une très bonne biodisponibilité.





Les coopérations en Afrique

Bénin

La faculté des sciences agronomiques de l'université du Bénin collabore avec le *programme cocotier* sur une unité villageoise de séchage-friture : définition et construction d'une unité pilote d'extraction après séchage de l'amande fraîche par friture.

Le *programme palmier* a poursuivi sa collaboration avec la Station de Pobé de l'Inrab mais B. Nouy, amélioration génétique, en affectation depuis fin 1992, a quitté ce poste fin 1997. La collaboration se concrétisera par des missions d'appui annuelles.

Cameroun

Dans le cadre d'un projet Std3 sur l'anthracnose des baies, Daniel Bieysse, phytopathologiste du *programme café*, continue son activité de phytopathologiste auprès de l'Irad. Deux missions ont été faites, l'une en appui au projet Std3 et l'autre sur une étude de la réhabilitation phytosanitaire des caféiers et cacaoyers du Cameroun.

Le *programme cacao* collabore toujours avec l'Irad. M. Boccara, est chargé des collections et assure le suivi du projet Fac recherche-développement sur le cacao et le café. D. Bieysse a remplacé D. Berry, responsable du programme de lutte contre les maladies. Des travaux de recherche en lutte génétique contre la pourriture brune ont été entrepris dans le cadre du projet Caobisco. D. Berry et F. Varlet (Cirad-sar) ont réalisé une étude intitulée « Réhabilitation de la protection phytosanitaire des cacaoyers et caféiers » à la demande du ministère de l'Agriculture et sur financement du ministère de la Coopération. G. Fourny, a mis en place et assure la direction technique d'un laboratoire de contrôle de la qualité des fèves dans le cadre d'un partenariat avec l'Organisme camerounais de la qualité. Deux missions d'appui ont été effectuées : en amélioration et par le chef de programme. Ce dernier a participé au comité scientifique annuel du Fac-Recherche.

Le *programme hévéa* a poursuivi une collaboration avec l'Irad à Ekona. Un agent y est affecté : C. Le Bonte (Csn) en technologie ; un appui logistique et scientifique y est apporté par un Atd, Y. Le Roux,

affecté par le ministère de la Coopération au programme hévéa de l'Irad. L'assistance technique aux plantations directes ou en collaboration avec l'Irad a été considérablement réduite en raison de la privatisation d'Hevecam. Seul F. Gaussen (Csn) restait affecté à la Cdc, en technologie. En 1996, le chef du programme s'est vu confier la présidence du comité scientifique du programme hévéa de l'Irad. En 1997, il a participé à la 11e session du comité exécutif de l'Acna. Six missions ont été réalisées en technologie et agronomie. Une mission d'assistance technique auprès de l'Acna a été réalisée pour la mise en place d'une nouvelle norme de spécification.

Deux agents du *programme palmier* étaient affectés à la station Irad de La Dibamba : C. Louise en amélioration génétique et B. Dubos en agronomie. Ce dernier est rentré à Montpellier fin 1997. Il devrait être remplacé pour soutenir, en particulier, les activités de recherches liées au développement villageois dont le financement par le Fac recherches est prévu. P. Hornus a poursuivi son action au sein de la Socapalm dont la privatisation se déroulera en 1998. B. Dubos a fait des missions d'appui régulières à la Spfs et la Safacam, tandis que des missions scientifiques à partir de Montpellier en amélioration génétique, agronomie et phytopathologie ont été réalisées (une par an et par discipline).

Côte d'Ivoire

Malgré la dénonciation du contrat-programme signé par le *programme café*, en 1995, avec l'Idéfor, Christophe Montagnon a pu poursuivre sans problème son activité d'améliorateur en Côte d'Ivoire. Les résultats marquants de cette coopération sont la libération de deux nouveaux clones de Robusta et la décision de lancer un programme de fourniture de semences sélectionnées pour les producteurs. Une mission d'appui a été faite en 1997.

Le *programme cacao* a établi un partenariat avec le Bnetd-cct pour la mise au point de méthodologies de cartographies statistique et analytique du verger de cacaoyers. Huit missions d'appui ont été effectuées : en amélioration, en agronomie, en biométrie et par le chef de programme.

Le programme a, par ailleurs, repris sa coopération avec l'Idefor dans le domaine de l'amélioration génétique sur un financement Cfc. P. Lachenaud, généticien, y a été affecté en septembre 1997.

Le programme cocotier a maintenu sa collaboration avec le Cnra-Ci (ex Idefor). Le spécialiste de la diversité et de l'amélioration génétique, R. Bourdeix, reste basé à la station Marc Delorme. La Côte d'Ivoire est partie prenante du projet Std3 sur la culture *in vitro* du cocotier. Sa contribution y est importante tant pour la fourniture de matériel génétique dûment repéré et prélevé que pour les travaux en cryoconservation d'embryons zygotiques. Plusieurs missions d'appui sont intervenues dans le cadre du réseau Cogent dont la dernière réunion a eu lieu à Abidjan en novembre 1997.

Il y a eu aussi un appui technique à la Sicor : relance de la production de la cocoteraie pour l'approvisionnement de l'unité de coco râpé de Jacqueville.

Le programme hévéa a poursuivi sa coopération avec l'Idefor-dpl. Cinq agents y sont restés affectés : T. Chapuset en amélioration génétique, E. Gohet en agronomie, T. Van Canh en phytopathologie, J.C. Laigneau en technologie et V. Caussanel (Csn) en agronomie. A Hévégé, après le départ de R. Rouxel, pour raison de santé, seul P. Thaler demeure comme chercheur agronome. L'assistance technique aux plantations est faite avec l'Idefor-dpl. La convention signée entre le Cirad, l'Idefor-dpl et l'Apph pour les recherches d'accompagnement du plan Hévéa V bis en milieu villageois, dont le coordinateur est T. Van Canh, s'est poursuivie normalement. Quatre missions ont été réalisées en agronomie, amélioration et technologie.

Poursuite de la collaboration du programme palmier avec l'Idefor-dpo : J.C. Jacquemard, T. Durand-Gasselin et B. Cochard à La Mé, H. de Franqueville et M. Ouvrier à R. Michaux. H. de Franqueville, phytopathologiste, est rentré à Montpellier début 1997 et a assuré une mission d'appui scientifique fin 1997.

A la suite de la privatisation de Palmindustrie, à laquelle a participé le programme palmier, une collaboration avec Palmafrique a débuté en 1997. Elle a pris la forme de missions d'appui auprès de ce repreneur, en agronomie, défense des cultures et technologie.

Gabon

Le programme hévéa a poursuivi sa collaboration avec le Cath et Hévégab. Deux chercheurs y sont toujours affectés, F. Enjalric en agronomie et J. Guyot en phytopathologie. Le chef de programme a participé à la réunion annuelle du comité de programme du Cath. Une mission d'expertise en agronomie a été réalisée, liée à l'expérimentation des cultures associées à

l'hévéa dans le cadre d'un projet Std3. Une mission d'appui en phytopathologie a été réalisée.

Ghana

Le programme cacao a apporté sa collaboration à un projet Stabex de lutte contre le *swollen shoot*. J. Nguyen-Ban et P. Vaast ont effectué 4 missions d'appui technique à ce projet dont la première phase s'est achevée en décembre 1997. La réalisation de la deuxième phase est à l'étude.

Le très grave problème du jaunissement mortel (JM) a justifié un certain suivi par le programme cocotier après la fin du projet Std3 qui lui avait été consacré. R. Philippe s'est rendu au Ghana en juin 1996 pour mettre en place de nouveaux essais de transmission par les insectes et évaluer la progression de l'épidémie. Au début de 1996, G. Duhamel a repris contact avec les responsables ghanéens pour procéder à une analyse des ressources naturelles, des systèmes de subsistance et des besoins en recherche et développement, en complément des études concernant le JM. En novembre 1997, C. Calvez a réalisé une mission d'étude financée par la Cfd pour la préparation d'un projet de réhabilitation de la cocoteraie (avec prise en compte de la nutrition minérale) et de replantation (précédée de la mise en place de champs semenciers).

Le programme hévéa a effectué, pour la Grel, une mission d'assistance technique en électrophorèse.

Un appui technique du programme palmier par des missions annuelles en agronomie et défense des cultures a débuté en 1996 auprès du Gopdc avec le groupe Siat.

Kenya

A l'occasion du colloque de l'Asic, en juillet 1997, le programme café a repris ses contacts avec la Coffee Research Foundation afin de relancer le projet d'installation d'un laboratoire de culture de tissus sur financement de l'Union européenne. Toutefois, la baisse de production de café au Kenya a entraîné un changement dans les priorités de recherche, reportant à plus tard un programme de biotechnologie. En novembre 1997, une mission de 3 jours a été faite auprès d'une société privée, la Socfinaf.

Mozambique

Le groupe Madal a fait appel au programme cocotier pour une relance de coopération. C. Daniel s'est rendu en mission d'évaluation sur les plantations de ce groupe en janvier 1996. J.M. Noël est intervenu pour préparer le projet d'implantation d'une unité de coco râpé fin 1997. Par ailleurs, à l'échelon national,

un vaste projet de réhabilitation, auquel le Cirad pourrait participer, est en étude à la Cfd.

Nigeria

Un appui technique a été apporté par le *programme palmier* à la plantation de Presco du groupe Siat.

République centrafricaine

M. Ouvrier, agronome du *programme palmier*, a participé à une mission d'expertise en 1996 en vue de la privatisation de Centrapalm.

São Tomé

Le *programme cacao* a poursuivi la réhabilitation de la station de Poto et la création du Ciat sur financement Cfd. Trois agents y sont affectés : J.L. Battini est

directeur général du Centre agronomique de Poto, P. Jadin est directeur scientifique et P. Aguilar est chargé des activités agronomiques. P. Bastide a remplacé P. Jadin à la fin de 1997. P. Aguilar a été retiré au cours de l'année 1996. Cinq missions d'appui ont été effectuées : en agronomie, en amélioration et en entomologie.

Tanzanie

En janvier 1996, le généticien du *programme café*, Pierre Charmetant, a pu enfin rejoindre son affectation en Tanzanie auprès de la recherche caféière sur le centre de Lyamungu près de Moshi. Les travaux de sélection qui y sont conduits concernent la recherche de variétés résistantes à l'anthracnose des baies et à la rouille.

Deux missions ont été effectuées, l'une par le responsable de l'amélioration génétique du caféier, l'autre par le chef de programme.



Les coopérations en Amérique latine

Brésil

Le contrat d'expertise passé avec Ducôco Agricola/Frutop constitue, en 1996-1997, la seule opportunité du *programme cocotier* à travailler au Brésil. Cette intervention se situe dans la zone très marginale du Ceará, au déficit hydrique très accusé et aux sols sableux infertiles. Après une mission sur un problème phytopathologique de H. de Franqueville en mai 1996 et une expertise agronomique de F. Rognon en juillet 1997, une nouvelle visite de ce dernier a été programmée pour avril 1998 avec la participation de B. Lidon, spécialiste en irrigation du Cirad-ca.

Le *programme hévéa* a poursuivi le projet sur l'amélioration génétique orientée vers la résistance au *Microcyclus ulei* développé avec Michelin. V. Le Guen y est toujours affecté.

Le *programme palmier* (A. Berthaud) a maintenu son appui à la station Embrapa du Rio Urubu près de Manaus.

Colombie

Ce pays, où le *programme cocotier* est déjà en relation avec des spécialistes en défense des cultures, en matière de *hartrot* et de maladie des « petites feuilles », participe au projet Inco, commencé fin 1997, sur le piégeage aux phéromones de *Rhynchophorus* et de *Strategus*.

Le *programme hévéa* a effectué en 1996 et 1997 deux missions de reconnaissance et de prise de contact.

F. Corrado, *programme palmier*, a effectué des missions d'appui deux fois par an auprès de plusieurs compagnies privées dont les plus importantes sont : Indupalma, Promociones Agropecuaria Monterrey, Bucarelia, Manuelita, Palmar del Manavire, Unipalma, Palmas del Casanare, Palmar del Oriente, Palmas de Tumaco.

Costa Rica

Le *programme café* a poursuivi son activité en amélioration génétique et en biotechnologie, dans le

cadre de Promecafe, avec l'Icafe et le Catie et en coopération avec l'Orstom.

Deux programmes sont suivis, le premier concerne la production d'un caféier porte-greffe résistant aux nématodes, le second concerne l'amélioration de l'Arabica. Ce dernier programme est cofinancé par l'ensemble des pays membres de Promecafe, le Cirad et l'Orstom. Deux agents sont affectés : B. Bertrand en amélioration et H. Etienne en biotechnologie. Trois missions d'appui ont été effectuées.

Equateur

Le *programme cacao* a poursuivi le projet sur l'amélioration du cacao Nacional en collaboration avec l'Iniap et Arcotrass sur financement européen. Trois agents participent à ce projet : G. Roche en technologie jusqu'en septembre 1997, P. Petithuguenin en agronomie et P. Lachenaud en amélioration génétique. Ce dernier a été remplacé, en janvier 1996, par B. Decazy qui assure en outre la direction du projet depuis septembre 1997. Deux missions d'appui ont été effectuées : en amélioration et en biométrie.

F. Corrado, agronome du *programme palmier*, a réalisé, comme à l'accoutumée, plusieurs missions d'appui technique aux compagnies suivantes : Palmeras del Ecuador, Palmeras de los Andes, Skinner, Immoriec, Oleaginosas, Palmisa.

Guatemala

En juillet 1997, le nématologiste du *programme café*, Luc Villain, a quitté le Guatemala afin de rédiger une thèse. Toutefois, la coopération se poursuit sur une étude terroir/qualité plus large que celle qui avait été lancée en 1995. Deux missions d'appui ont été faites.

Le *programme hévéa* a poursuivi le projet Cirad-Gremial, signé en 1994. F. Rivano, chercheur en phytopathologie et recherche hévéicole, demeurerait affecté. Quatre missions ont été réalisées en agronomie, physiologie, technologie et par le chef de programme.

Haïti

Dans le cadre d'un contrat avec Aproma, le *programme café* a apporté son appui au développement de la caféiculture en Haïti sous forme de 5 missions de longue durée entre 1996 et 1997. Frédéric Descroix a été chargé de ce travail.

Honduras

Le phytopathologiste du *programme café*, Jacques Avelino, poursuit son travail d'enquêtes sur les relations entre environnement, pratiques culturales et développement de la rouille. Ces travaux ont déjà donné lieu à une communication au colloque de l'Asic et devraient aboutir à la présentation d'un mémoire de thèse. Deux missions ont été faites.

F. Corrado, *programme palmier*, a apporté son appui technique à Hondupalma, Agroindustrial Palma Real et Agropalma.

Mexique

Le *programme cacao* a poursuivi sa coopération avec l'Itvh pour l'étude d'un séchoir industriel et la mise en place d'une boucle thermodynamique. F. Augier, en préparation de thèse, a été détaché pendant 8 mois pour étudier les transferts de matières dans les fèves au cours du séchage. Deux missions d'appui ont été effectuées en technologie.

Le projet Std3 sur la culture *in vitro* et les réunions Cogent ont été, pour le *programme cocotier*, de bonnes opportunités de rapprochement avec les responsables mexicains concernés par la recherche et le développement du cocotier. La maladie du jaunissement mortel, apparue vers 1980 dans la région de Cancún, a détruit d'immenses surfaces de cocoteraies qu'il faudra, si possible, replanter en matériel résistant. Les mexicains espèrent beaucoup de la culture *in vitro* et sollicitent régulièrement le Cirad pour cet objectif ainsi que pour tout ce qui concerne l'amélioration génétique et la protection phytosanitaire.

Le *programme hévéa* a affecté B. Jobbé-Duval auprès du Consejo Mexicano del Hule pour la mise en place d'un projet d'appui aux petits planteurs. Une mission du chef de programme a été effectuée pour appuyer ce projet.

Début 1997, le *programme palmier*, a effectué une mission de reconnaissance de F. Corrado auprès des

services du ministère de l'Agriculture pour le développement du palmier à huile dans ce pays.

Pérou

Le *programme palmier* a assuré deux missions annuelles en agronomie et défense des cultures auprès de Palmas del Espino.

République dominicaine

Les contacts pris en 1995 par le *programme café*, se sont traduits par l'arrivée de Bertrand Sallée en République dominicaine en septembre 1997. Son activité consiste à faire une étude sur la filière café de ce pays.

La société Nagua Agroindustrial a fait appel à l'expertise du *programme cocotier* tant pour l'agronomie générale (1997) que pour le problème très grave de la pourriture du coeur due à *Phytophthora palmivora* (1996 et 1997). H. de Franqueville et F. Rognon ont recommandé la mise en œuvre d'un suivi sanitaire rigoureux, l'application d'Aliette par injection dans les stipes, et l'importation, à partir de la Côte d'Ivoire, de pollen de variétés tolérantes à *P. palmivora* destiné à la production d'hybrides mieux adaptés au contexte parasitaire local.

Salvador

Des travaux sur le piégeage du scolyte, conduits par l'entomologiste du *programme café*, Bernard Dufour, ont commencé en 1996. Les premiers résultats, très encourageants, ont abouti à rechercher une collaboration avec l'Inra afin de développer une méthode de piégeage vulgarisable.

Trinidad

Le *programme cacao* a poursuivi sa coopération avec le Cru pour l'analyse et l'évaluation de la collection internationale. Deux agents sont affectés : O. Sounigo en amélioration génétique et M. Ducamp en phytopathologie. Ce dernier a été remplacé par J.M. Thévenin, en novembre 1996. Trois missions d'appui ont été effectuées : par le chef de programme et en amélioration.



Les coopérations en Asie

Cambodge

Fin 1996, le *programme hévéa* a dû cesser son appui technique au ministère de l'Agriculture pour la réhabilitation de l'Institut de recherche sur le caoutchouc au Cambodge, en raison d'impératifs politiques. A. Leconte et D. Campaignolle, en agronomie, et C. Cloux, en technologie, ont quitté ce pays. Cinq missions ont été réalisées en technologie et en amélioration. Une mission a été réalisée par le chef de programme.

Indonésie

La collaboration établie par le *programme café* avec une société privée indonésienne se poursuit. Une autre société a contacté le programme et une mission de 3 chercheurs a été faite. Cependant, pour des raisons financières, la coopération a dû être interrompue.

Le *programme cacao* apporte sa collaboration, sous forme de missions d'assistance technique en amélioration, à la société privée Tri Bakti Sarimas pour l'établissement et l'exploitation de champs semenciers polyclonaux devant produire près de 20 millions de semences par an.

En 1996-1997, deux agents du *programme cocotier*, R. Bourgoing et D. Boutin, restaient affectés dans ce pays, principalement pour l'encadrement technique de sociétés de développement. Par ailleurs, de nombreuses missions d'experts sont intervenues. X. Bonneau s'est rendu à six reprises dans le pays pour des expertises agronomiques et pour le suivi de programmes de recherche auprès de grandes sociétés de plantation (Rsup, Multi-Agro, Smart, Batu Anpar...). C. Jourdan (physiologiste) et R. Philippe (entomologiste) ont été chargés de suivre un problème complexe de pertes de production en rapport avec un développement racinaire réduit et d'y remédier. Une chenille mineuse des racines, *Sufetula*, est en cause. S. Braconnier (agrophysiologiste) a visité Multi-agro, en février 1996, dans le cadre du projet Std3 sur les cultures associées au cocotier. L'Indonésie est concernée par le projet Inco, commencé fin 1997,

sur le piégeage olfactif de *Oryctes* et *Rhynchophorus* à l'aide de phéromones.

Le *programme hévéa* a poursuivi sa coopération avec l'Icraf, l'Irri et le Gapkindo sur le projet « Jungle Rubber ». E. Penot, agronome, y est affecté. Trois agronomes ont participé au séminaire sur le fonctionnement des associations de culture organisé par l'Irri. Trois missions d'assistance technique auprès de la Socfindo ont été effectuées en agronomie.

Le *programme palmier* a poursuivi sa coopération avec l'Iopri, avec deux agents affectés à Marihat, E. Lamade (écophysiologie) et R. Desmier de Chenon (entomologie) et une mission annuelle de J.M. Noiret en amélioration génétique. Il a reçu à Montpellier, en septembre 1997, un chercheur de l'Iopri pour la préparation d'une thèse en amélioration génétique.

Un nouveau bloc génétique a été mis en place avec Socfindo, avec l'appui de F. Potier. Des missions annuelles en agronomie, amélioration génétique, culture *in vitro* et défense des cultures ont également été réalisées auprès de Socfindo.

J.P. Caliman, agronome du *programme palmier*, a été affecté auprès de PT Smart depuis début 1996 : mise en place d'un dispositif expérimental sur les recherches en nutrition minérale, organisation de la station de recherche de Libo près de Pekanbaru. De plus, 3 à 4 expertises de nouveaux projets de développement du palmier ont été réalisées chaque année pour le compte de bailleurs de fonds : Rabobank, Hsbc.

Laos

En 1996, le *programme café* a réalisé une étude de faisabilité sur le développement agricole du plateau des Bolovens en liaison avec un chercheur du Cirad-sar et un expert du Bdpa. Cette étude a abouti à la mise en place d'un projet, en novembre 1997, dans lequel un agronome du programme, André Pilecki, doit travailler à partir du début 1998.

Malaisie

Le *programme hévéa* a maintenu ses contacts en technologie avec le Mrpra. Il a effectué des missions

d'expertise en agronomie, pour le compte de la Banque mondiale, auprès du Felcra/Risda et a signé avec le Rim un accord général de coopération.

En 1997, le *programme palmier* a signé une convention sur 3 ans avec le Porim sur les recherches visant à résoudre le problème d'anomalie somaclonale. Les recherches en oléochimie avec le Porim ont été poursuivies : une mission annuelle de D. Pioch et une mission de 2 mois d'un post-doc fin 1997.

Philippines

Aux Philippines, le *programme cocotier* a mené le projet Std3 sur les cultures associées au cocotier. C'est dans le cadre de ce projet que J.F. Julia a été affecté au Pcarrrd jusqu'en juillet 1997, et que S. Braconnier est venu en mission d'appui technique en mai 1996 et en avril 1997. Un essai sur le fonctionnement physiologique du cocotier a alors été mis en place. Par ailleurs, F. Rognon a réalisé, pour le compte de la Banque mondiale, 4 missions d'expertise du *Small coconut farms development project*. Après de nombreux pourparlers, et une visite technique de A. Rouzière en juin 1997, un accord a été conclu avec le groupe Ciif, qui traite 40 % du coprah produit aux Philippines, pour un projet pilote qui appliquera le procédé de séchage-friture à l'échelle industrielle. Enfin, les Philippines, avec le Pca, sont partie prenante du projet Std3 sur la culture *in vitro* du cocotier. C'est le premier partenaire à avoir appliqué avec succès le protocole établi par l'équipe Cirad-Orstom. A cette fin, J.L. Verdeil s'est rendu aux Philippines en janvier et juillet 1996.

Le *programme hévéa* a effectué, pour le compte de l'Ambassade de France, une mission de reconnaissance de zones aptes à la culture de l'hévéa.

Thaïlande

Le *programme hévéa* a poursuivi sa coopération avec l'université de Mahidol et le Rrit sur un projet conjoint avec l'Orstom en biologie moléculaire. Trois agents y sont affectés, R. Lacote, V. Pujade-Renaud, ainsi que P. Montoro (en coût partagé avec l'Orstom) en biotechnologie. Deux missions en biotechnologie dans le cadre du projet « Production de vitroplants d'hévéa par vitroculture, évaluation agronomique de ce matériel » ont été réalisées. Le chef de programme a participé au Symposium sur l'hévéa organisé conjointement par Cirad-Rrit-Mu-Orstom.

Vietnam

La Gtz a contacté le *programme café* fin 1997 afin de réaliser une mission sur les plateaux du Sud Vietnam et de proposer des solutions pour réduire la destruction des caféières par excès d'intensification.

Le *programme hévéa* a poursuivi sa coopération avec l'Ircv sur le thème de la recherche adaptative pour la région des hauts plateaux (cofinancement du ministère des Affaires étrangères). Le projet de réhabilitation de l'hévéaculture financé par la Banque mondiale s'est poursuivi avec D. Benton en agronomie et S. Palu en technologie (en collaboration avec Terres Rouges Consultant). Une mission d'experts Cirad a effectué, pour la Banque mondiale, une étude de préféabilité pour un projet de recherche d'accompagnement du développement hévéicole sur les hauts plateaux. Une mission en électrophorèse a été réalisée. Le chef de programme a participé aux réunions annuelles de l'Irrdb et au centenaire de l'introduction de l'hévéa au Vietnam.



Les coopérations dans le Pacifique

Fidji

Le *programme cacao* a apporté aux services nationaux de recherche et de vulgarisation, de juin 1996 à décembre 1997, un appui technique pour la relance de la cacaoculture. O. Trocmé a assuré, en outre, la fonction d'expert agricole régional auprès de l'Ambassade de France aux îles Fidji.

Polynésie française

Sur financement territorial, une mission du *programme cocotier* sur la réhabilitation de la filière cocotier a été réalisée en octobre 1997 par V. Ribier (économiste du Cirad-Urpa), C. Calvez et A. Rouzière.

Nouvelle-Calédonie

Patrick Jagoret, agronome du *programme café*, poursuit l'évaluation agronomique des hybrides naturels de Nouvelle-Calédonie ; cette opération devrait normalement s'achever fin 1997.

Vanuatu

Le *programme cacao* a poursuivi ses recherches au Carfv. P. Bastide, physiologiste, a été remplacé par P. Aguilar, agronome, au cours de l'année 1997. Avec un Csn, phytopathologiste, il encadre les travaux en agronomie, en défense des cultures et en technologie. Deux missions d'appui ont été effectuées : en agronomie et en amélioration.

Papouasie-Nouvelle-Guinée

Le *programme cacao* a établi, courant 1996, une coopération avec le Ccri pour l'étude de la résistance au *Phytophthora*, de l'épidémiologie et de la lutte chimique contre la pourriture brune. G. Blaha est responsable du laboratoire de phytopathologie.

Deux chercheurs du *programme cocotier* sont basés à la station de recherche Stewart du Ccri, J. Ollivier, agronome, et L. Beaudoin-Ollivier, entomologiste. Cette station possède une importante collection de germoplasme cocotier, que le Cogent a désigné comme collection de référence pour le Pacifique. R. Bourdeix s'y est rendu, en 1997, en mission d'appui pour le traitement des bases de données et le suivi du programme d'amélioration génétique. Ce pays participe au projet Inco sur le piégeage olfactif aux phéromones des coléoptères ravageurs des palmiers. J.P. Morin s'est rendu, fin 1997, en Papouasie-Nouvelle-Guinée pour examiner plus particulièrement le problème *Scapanes australis* qui est une entrave sérieuse au développement du cocotier dans le pays. P. de Vernou et F. Rognon ont assisté à l'inauguration officielle de la station Stewart en mai 1997.

Le *programme cocotier* avait, jusqu'en juin 1997, un agrophysiologiste, S. Braconnier, basé à la station du Carfv, à Santo, où il conduisait des recherches sur les cultures associées au cocotier, dans le cadre du projet Std3, et sur le fonctionnement physiologique de cette plante, pour l'Atp 10/96. J.P. Labouisse reste affecté à la station où il gère la collection de germoplasme, qui est la plus importante de la région, le programme d'amélioration local, et, à l'échelon régional, le projet Pdicc, composante du Prap pour la production et la dissémination de cultivars améliorés de cocotier. Dans le cadre de ce projet, qu'il coordonne, J.P. Labouisse s'est rendu dans de nombreux pays du Pacifique Sud pour des appuis techniques en matière de gestion de germoplasme, d'amélioration génétique et de production de semences. Par ailleurs, il a réalisé une mission d'assistance technique au champ semencier d'Ouvéa, en Nouvelle-Calédonie. Il a reçu l'appui scientifique de R. Bourdeix, fin 1997, principalement pour la gestion de la base de données Cogent.



Les coopérations multilatérales

Projet Cfc-Icco-Ipgri

Le *programme cacao* participe comme institution de recherche, ainsi que comme organisme co-financeur, au projet Cfc-Icco-Ipgri sur l'utilisation et la conservation du germoplasme du cacaoyer que le Cfc a accepté de financer, fin 1996.

Ce projet prévoit l'établissement d'un réseau expérimental d'évaluation de clones et d'hybrides dans dix pays d'Amérique, d'Afrique et d'Asie en vue de développer des variétés résistantes aux maladies.

Le *programme cacao* a signé, début 1997, un accord avec l'Ipgri, pour participer à la coordination technique du projet par la mise à disposition, à temps

partiel, de A. Eskes, généticien chargé de finaliser le projet, d'une durée de cinq ans. Fin 1997, ce projet a fait l'objet d'un accord définitif entre le Cfc, l'Icco et l'Ipgri.

Ingenic

La présidence du Groupe international pour l'amélioration du cacaoyer est assurée par A. Eskes, généticien du *programme cacao*. Ce groupe a organisé, fin 1996, au Brésil, un atelier de travail sur la résistance du cacaoyer aux maladies, avec l'appui du Ceplac-Cepec. Il a aussi publié deux bulletins d'informations.



Les missions en 1996

Au total 236 missions ont été effectuées dans 41 pays par 66 agents du département, ce qui représente 2 524 jours de mission.

Le financement de ces missions a été assuré à 62 % sur ressources propres et 38 % sur Bcrd. Ces financements étaient respectivement de 60 % et 40 % en 1995.

- En Afrique : 38 agents ont effectué 80 missions dans 14 pays.
- En Amérique latine : 22 agents ont effectué 62 missions dans 13 pays.
- En Asie : 34 agents ont effectué 83 missions dans 9 pays.
- Dans le Pacifique : 5 agents ont effectué 6 missions dans 3 pays.



Les missions en 1997

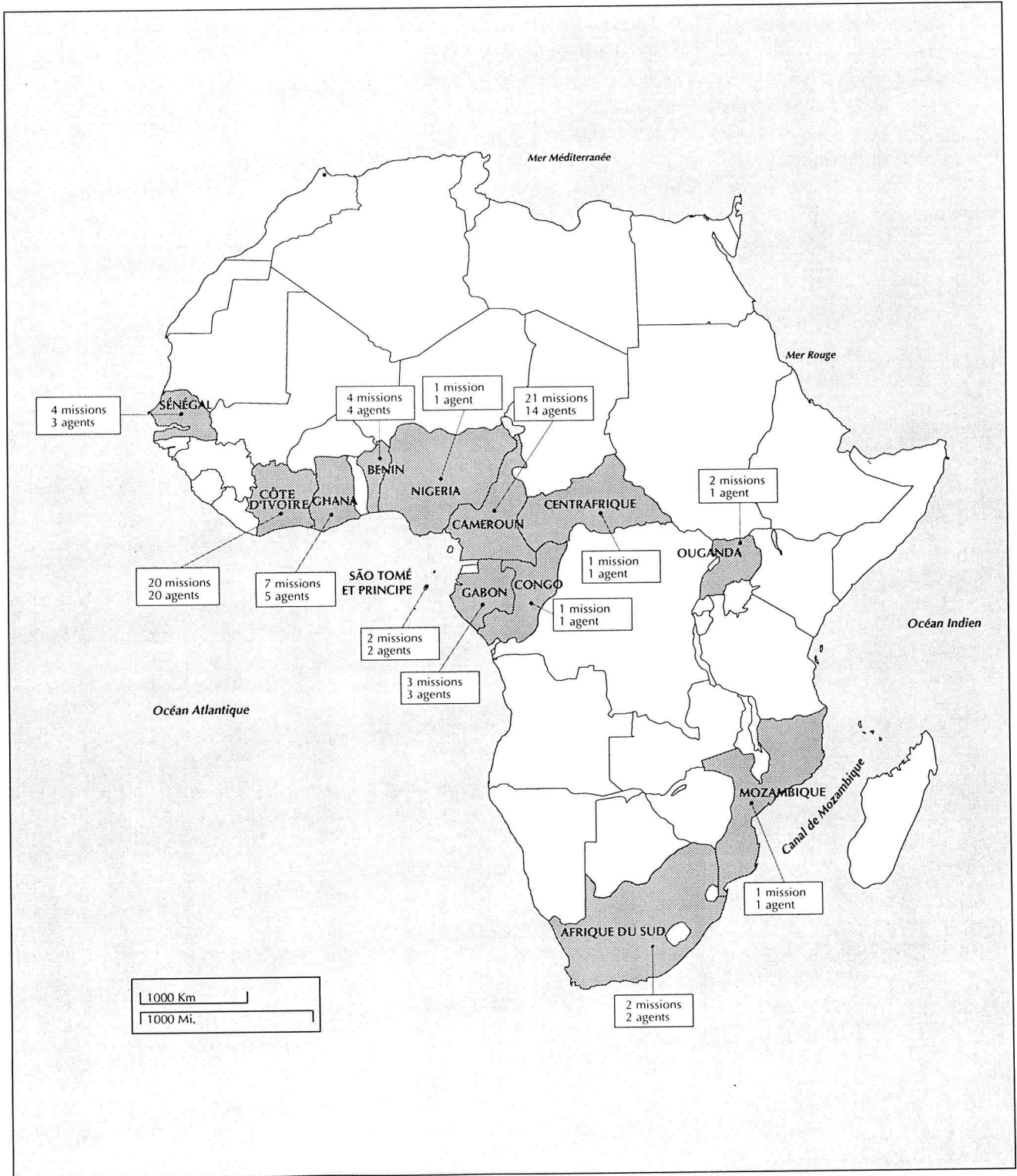
Au total 231 missions ont été effectuées dans 42 pays par 66 agents du département, ce qui représente 2 923 jours de mission.

Le financement de ces missions a été assuré à 63 % sur ressources propres et 37 % sur Bcrd. Ces financements étaient respectivement de 60 % et 40 % en 1995.

- En Afrique : 42 agents ont effectué 80 missions dans 14 pays.
- En Amérique latine : 26 agents ont effectué 69 missions dans 12 pays.
- En Asie : 28 agents ont effectué 63 missions dans 7 pays.
- Dans le Pacifique : 9 agents ont effectué 9 missions dans 3 pays.



1996 : les missions en Afrique



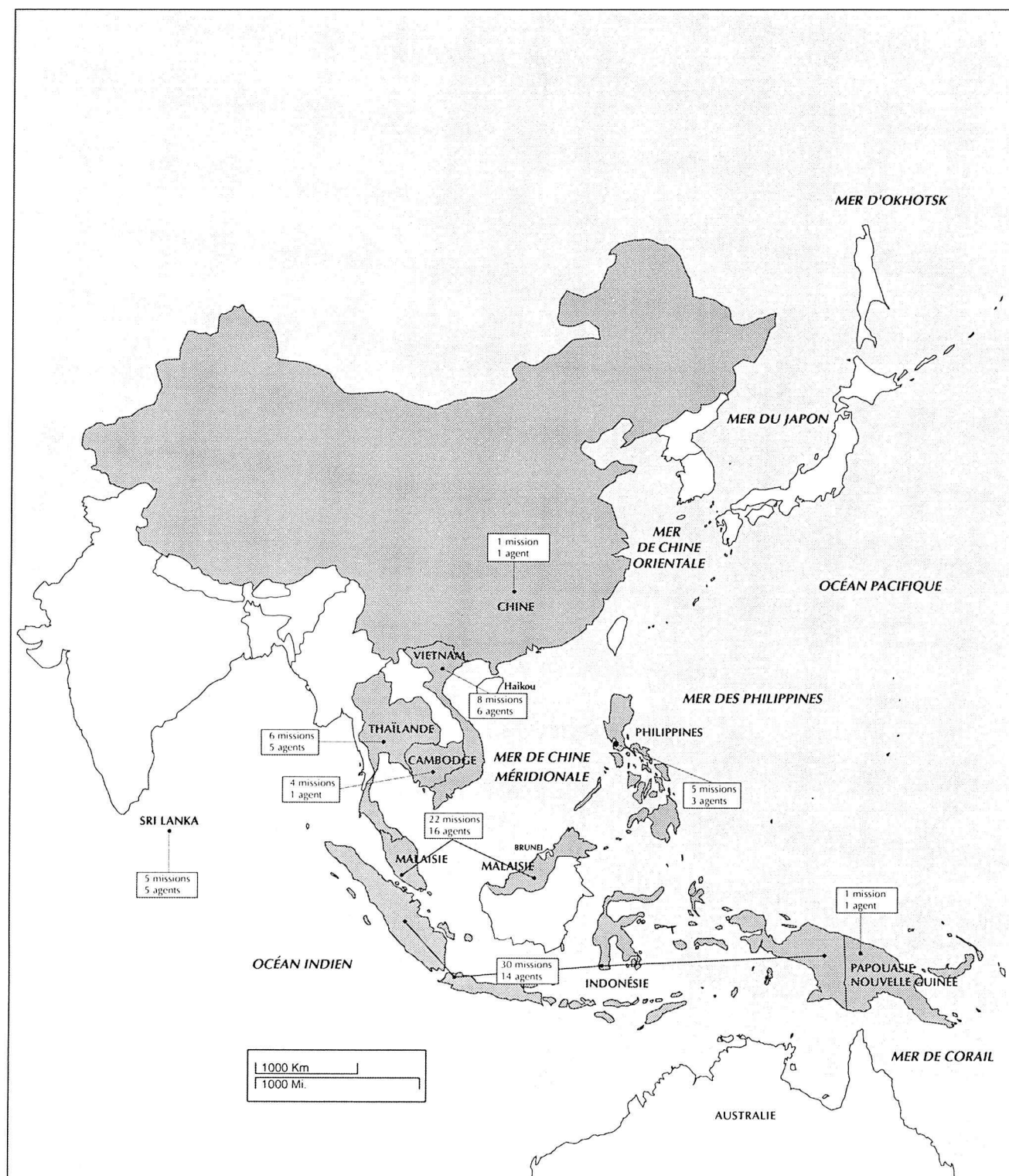


1996 : les missions en Amérique latine



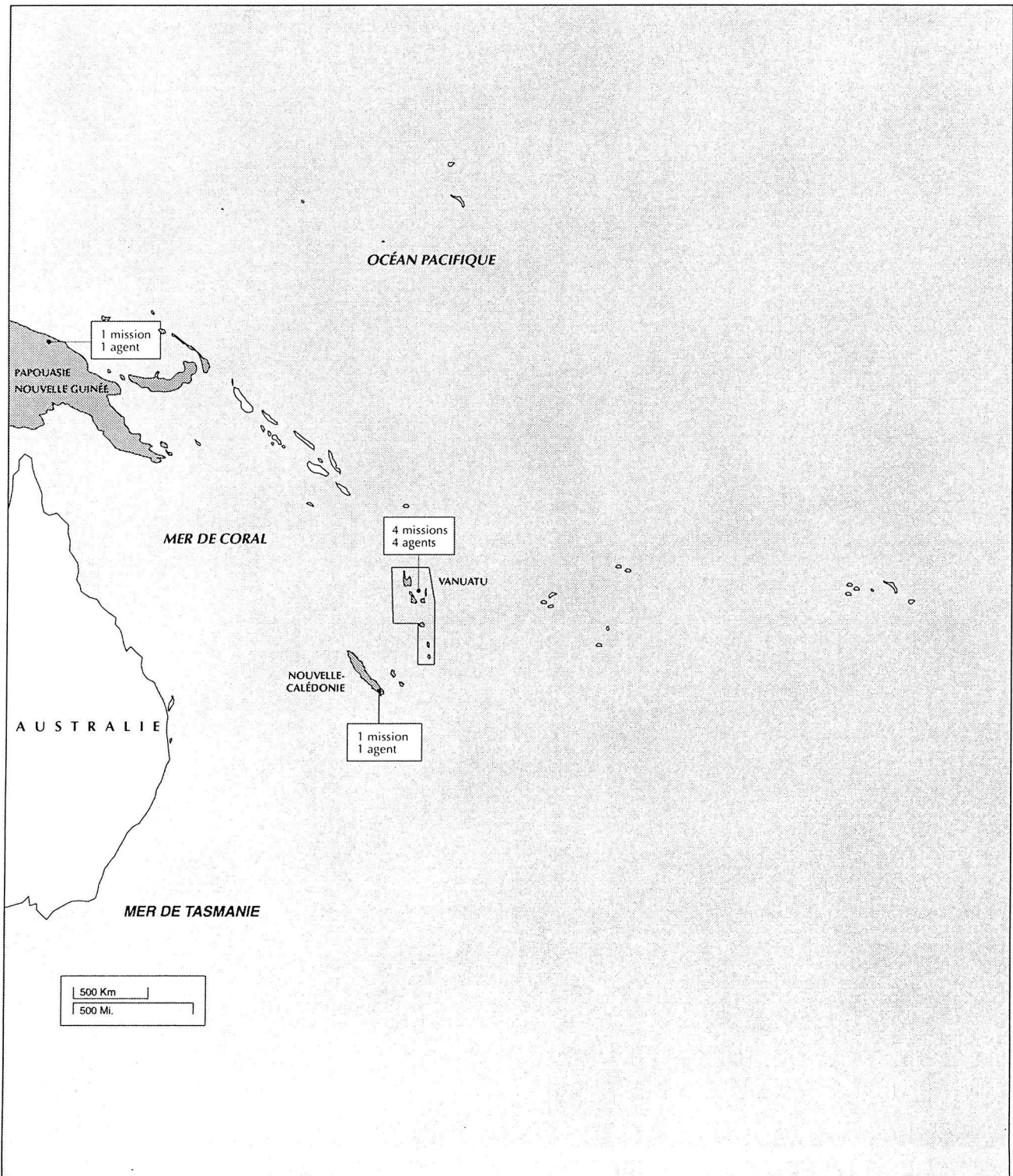


1996 : les missions en Asie



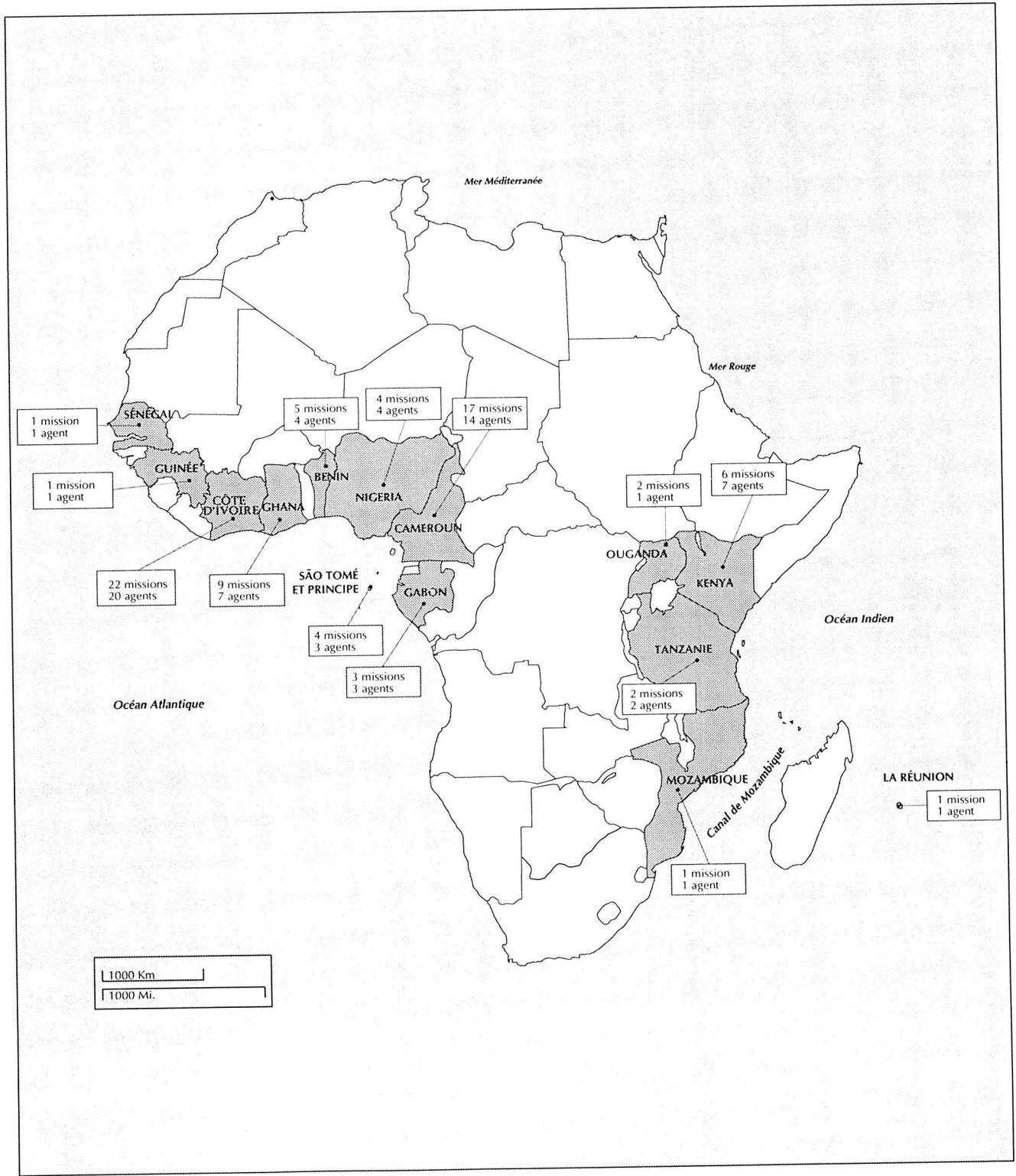


1996 : les missions dans le Pacifique





1997 : les missions en Afrique



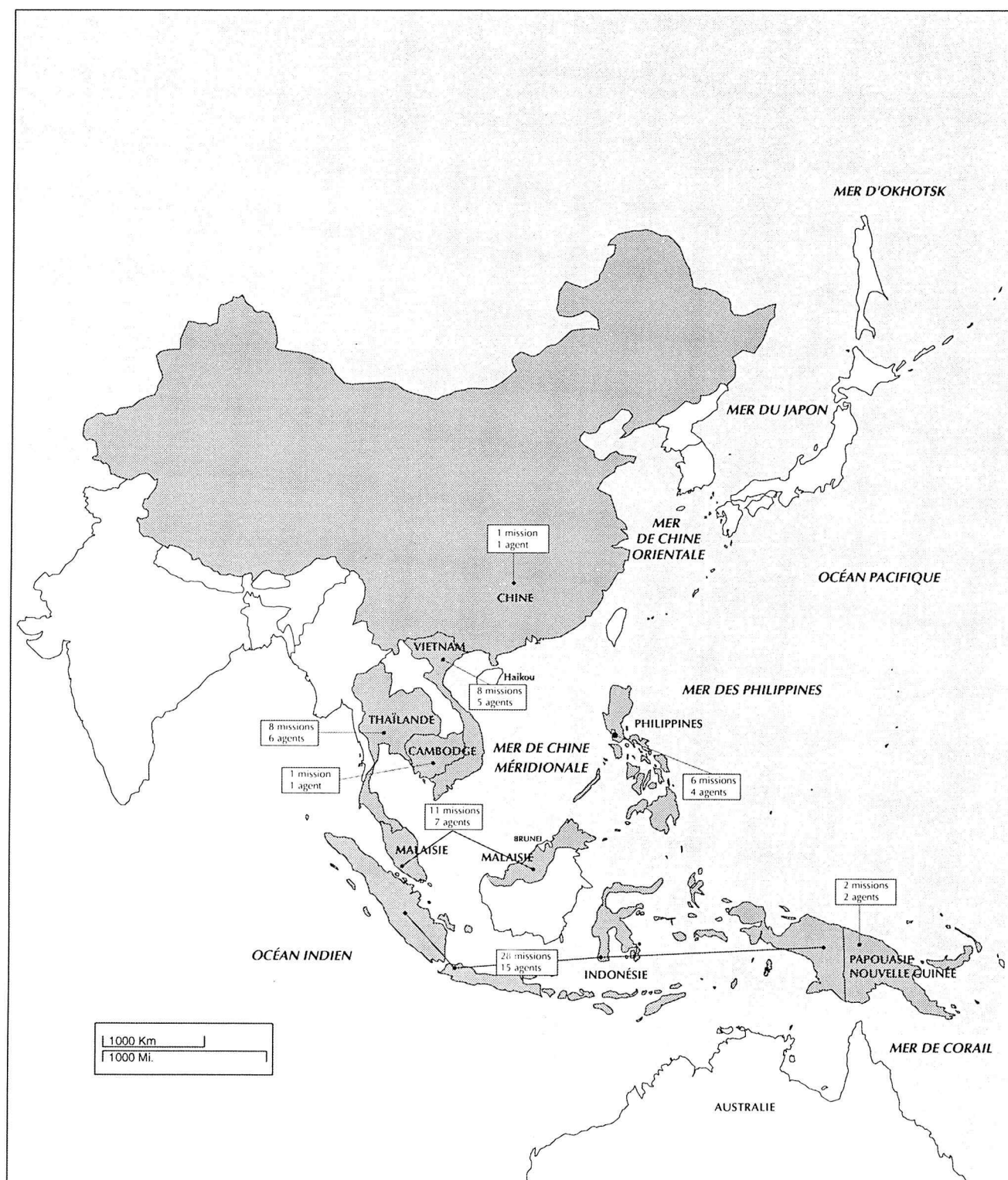


1997 : les missions en Amérique latine



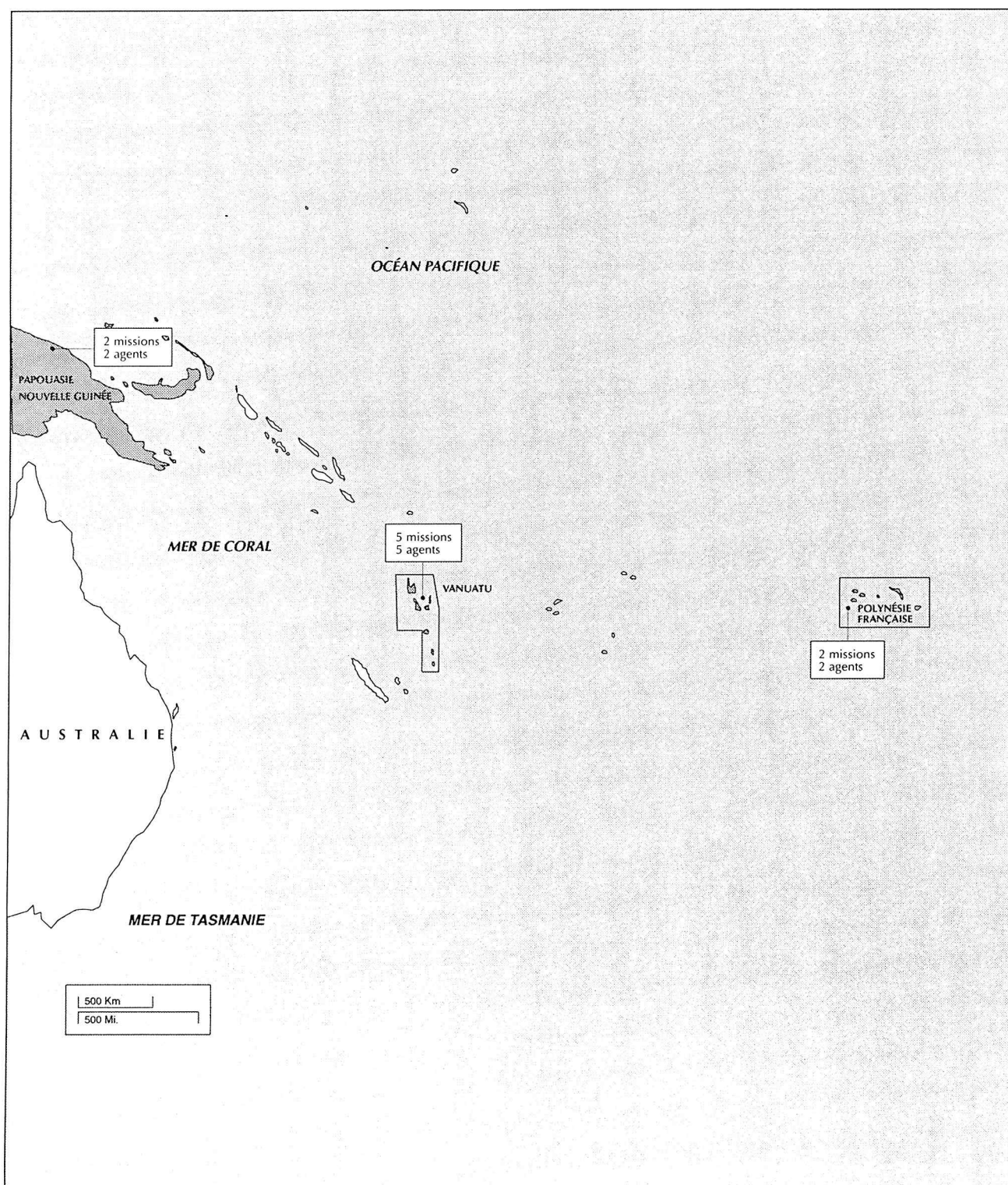


1997 : les missions en Asie





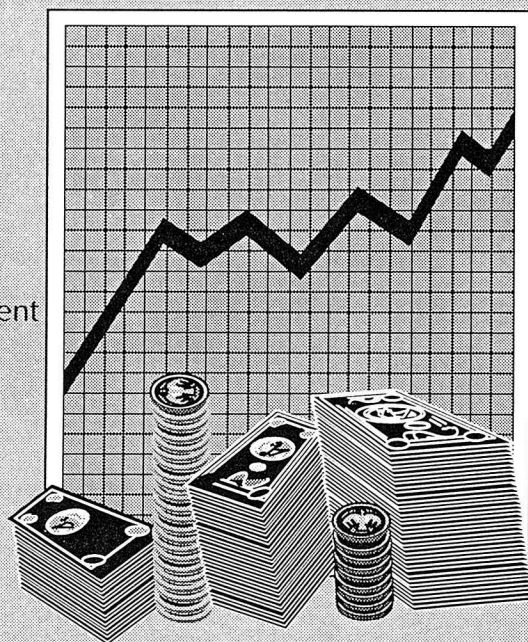
1997 : les missions dans le Pacifique

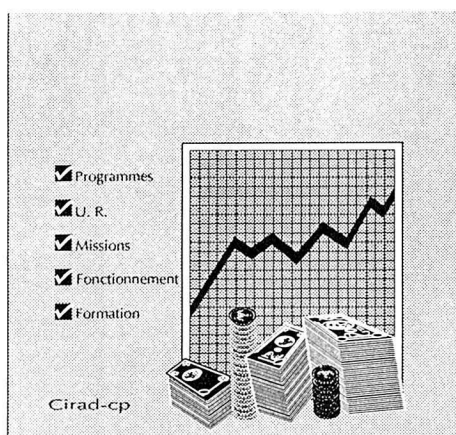


Le budget

- ✓ Programmes
- ✓ U. R.
- ✓ Missions
- ✓ Fonctionnement
- ✓ Formation

Cirad-cp





Les moyens financiers

Analyse des dépenses et des ressources

Les dépenses

En 1996, les dépenses se sont élevées à 156 527 KF, en augmentation de 2,04 % par rapport à celles de l'année 1995 (tableau 1).

Cette hausse, assez bien répartie sur les frais de personnel et les dépenses de fonctionnement (respectivement + 2,23 % et + 2,50 %), est compensée par une baisse de la facturation interne (- 3,62 %).

Les dépenses de personnel, en 1996, représentent exactement 70 % du total des engagements, alors que les dépenses de fonctionnement sont légèrement supérieures à 25 %.

En 1997, les dépenses se sont élevées à 153 611 KF, en diminution de 1,86 % par rapport à celles de l'année 1996 (tableau 1).

Cette baisse est due à une forte diminution des dépenses de fonctionnement (- 13,80 %) bien que la facturation interne et les frais de personnel soient en augmentation (respectivement + 3,96 % et + 2,15 %).

Les dépenses de personnel, en 1997, représentent exactement 72,94 % du total des engagements alors que les dépenses de fonctionnement ne représentent que 22,55 %.

Les ressources

Les ressources ont sensiblement augmenté, en 1996, pour atteindre 157 485 KF, en hausse de 3,6 % par rapport à celles de l'année 1995 (tableau 1).

Cette situation est principalement liée à un accroissement des « autres ressources » (+ 6,6 % par rapport à 1995) et, dans une moindre proportion, à des subventions reçues (+ 2,8 % pour le titre 3 et + 1 % pour le titre 6).

Le titre 3 représente 60,33 % de ces ressources contre 61 % en 1995, le titre 6 correspond à 10,21 %

comme en 1995 et les autres ressources à 27,74 %, contre 27 % en 1995.

A l'exception des « autres ressources », les taux de couverture des dépenses par les subventions en titres 3 et 6 sont stables par rapport à 1994 et 1995.

En 1997, les ressources, d'un montant de 154 396 KF, ont baissé de 1,96 % par rapport à celles de l'année 1996.

Cette situation est principalement due à une diminution des subventions Bcrd (- 2,06 % pour le titre 3 et - 9,85 % pour le titre 6).

Le titre 3 représente 60,27 % de ces ressources contre 60,33 % en 1995, le titre 6 correspond à 9,39 % contre 10,21 % en 1996, et les autres ressources à 28,54 % contre 27,74 % en 1996.

Les taux de couverture des dépenses sont de :

- 83,05 % pour le titre 3 (masse salariale) soit une légère diminution par rapport à 1995 et 1996, pour atteindre un taux comparable à celui de 1994 ;
- 41,86 % pour le titre 6 (fonctionnement) soit sensiblement identique aux années précédentes ;
- 30,05 % pour les autres dépenses, donc comparable à celui de 1996.

Répartition des ressources par type de financement

L'analyse des ressources par type de financement (tableau 2 et figure 1) fait apparaître une nette prédominance du Bcrd (70,55 % en 1996 et 69,73 % en 1997) sur les fonds privés (17,08 % en 1996 et 21,77 % en 1997), les financements publics français (6,13 % en 1996 et 3,55 % en 1997), les organismes internationaux (4,04 % en 1996 et 3,88 % en 1997) et les fonds publics étrangers (2,20 % en 1996 et 1,07 % en 1997).

Tableau 1. Analyse des dépenses et des ressources(en KF).

	1993	1994	1995	1996	1997
Ressources					
Titre 3	87 020	88 156	92 366	95 020	93 058
Titre 6	16 084	15 958	15 928	16 088	14 502
Autres ressources	67 206	51 197	40 986	43 691	44 077
Facturation interne	5 854	3 007	2 645	2 686	2 759
Total	176 164	158 318	151 925	157 485	154 396
Dépenses					
Personnel	115 307	106 413	107 285	109 679	112 046
Fonctionnement	57 246	48 302	39 205	40 187	34 640
Facturation interne	6 016	7 186	6 911	6 661	6 925
Total	178 569	161 901	153 401	156 527	153 611
Ratios - taux de couverture (%)					
Titre 3 masse salariale	75,47	82,84	86,09	86,63	83,05
Titre 6 fonctionnement (hors facturation interne)	28,09	33,03	40,63	40,03	41,86
Autres (hors investissement et facturation interne)	38,95	33,09	27,98	29,15	30,05

Tableau 2. Répartition des ressources par type de financement (en KF).

	1993	1994	1995	1996	1997
Subvention Bcrd	103 105	104 601	108 294	111 108	107 652
Financements publics français	19 194	19 252	11 186	9 655	5 484
Fonds publics étrangers	4 331	2 318	4 752	3 457	1 659
Organismes internationaux	14 273	6 659	6 050	6 364	5 995
Fonds privés	35 261	25 488	21 643	26 901	33 606
Total	176 164	158 318	151 925	157 485	154 396

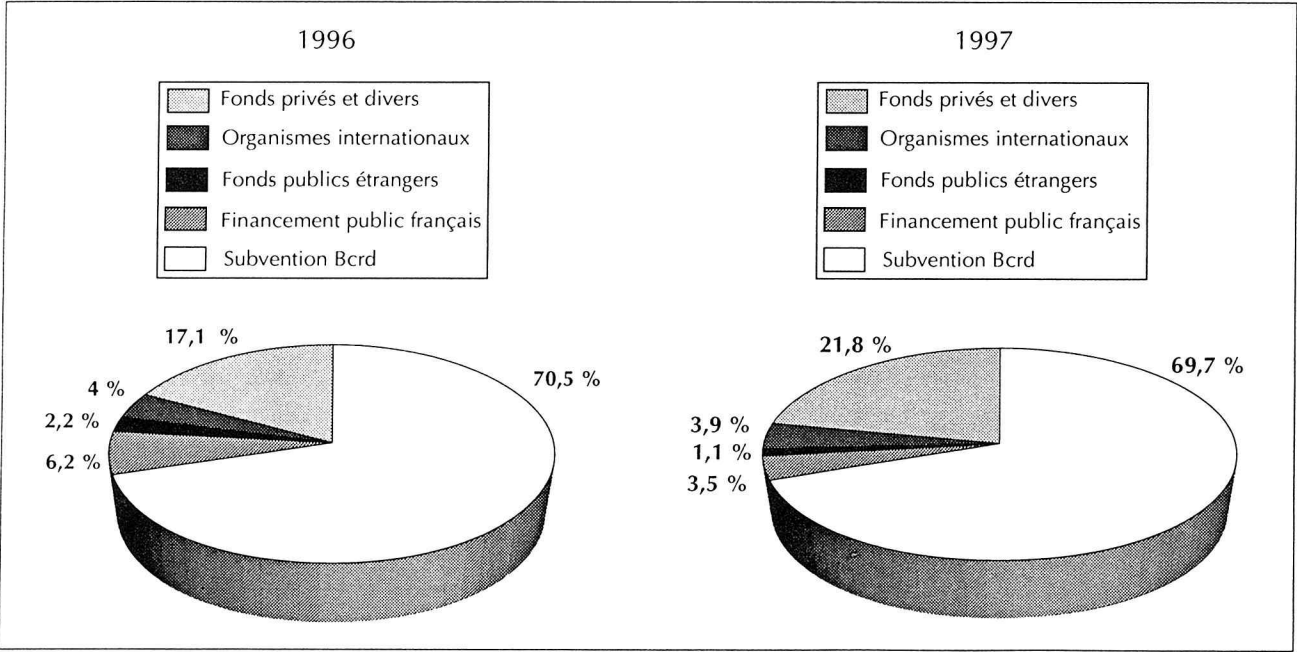


Figure 1. Répartition des ressources par type de financement en 1996 et 1997.

Répartition du budget par zone géographique

D'après les résultats financiers de 1996, le bilan ressources/dépenses est positif à Montpellier, en Asie-Océanie et en Amérique centrale.

Par rapport à 1995, tous les sites de Paris et Montpellier sont en augmentation, alors qu'on assiste à une certaine stabilité pour les zones Asie-Océanie, Dom-Tom et Amérique latine et à une baisse générale des ressources et des dépenses en Afrique.

Les résultats financiers de 1997 (figure 2) montrent que le bilan est positif pour Paris et la zone Asie-Océanie. En revanche, on assiste à une baisse dans les Dom-Tom, l'Amérique centrale et Montpellier, alors que la zone Afrique-Océan Indien reste stable.

Evolution de 1993 à 1997

L'évolution comparée des dépenses et des ressources depuis 1993 est présentée dans les tableaux 1 et 3.

Les dépenses

Les dépenses (hors facturation interne) sont en diminution :

- poste personnel : - 2,82 %
- poste fonctionnement : - 39,48 %

La baisse du fonctionnement (- 39,42 %) est liée à la baisse des ressources contractuelles (- 34,41 %).

Les ressources

Les financements sur ressources propres sont en baisse :

- fonds publics français : - 71,42 % dont :
 - MAE (- 83,80 %)
 - Mincoop (- 49,49 %)
 - divers (- 61,34 %)

- fonds publics étrangers - 61,69 %
- organismes internationaux - 57,99 %
- fonds privés - 4,69 %

Les subventions Bcrd sont en légère hausse : + 4,41 %.

L'activité par zone géographique

L'activité par zone géographique est en récession surtout :

- en Afrique - 50 %
- en Asie-Océanie - 30 %

En France, l'activité de Paris s'est réduite au profit de celle Montpellier.

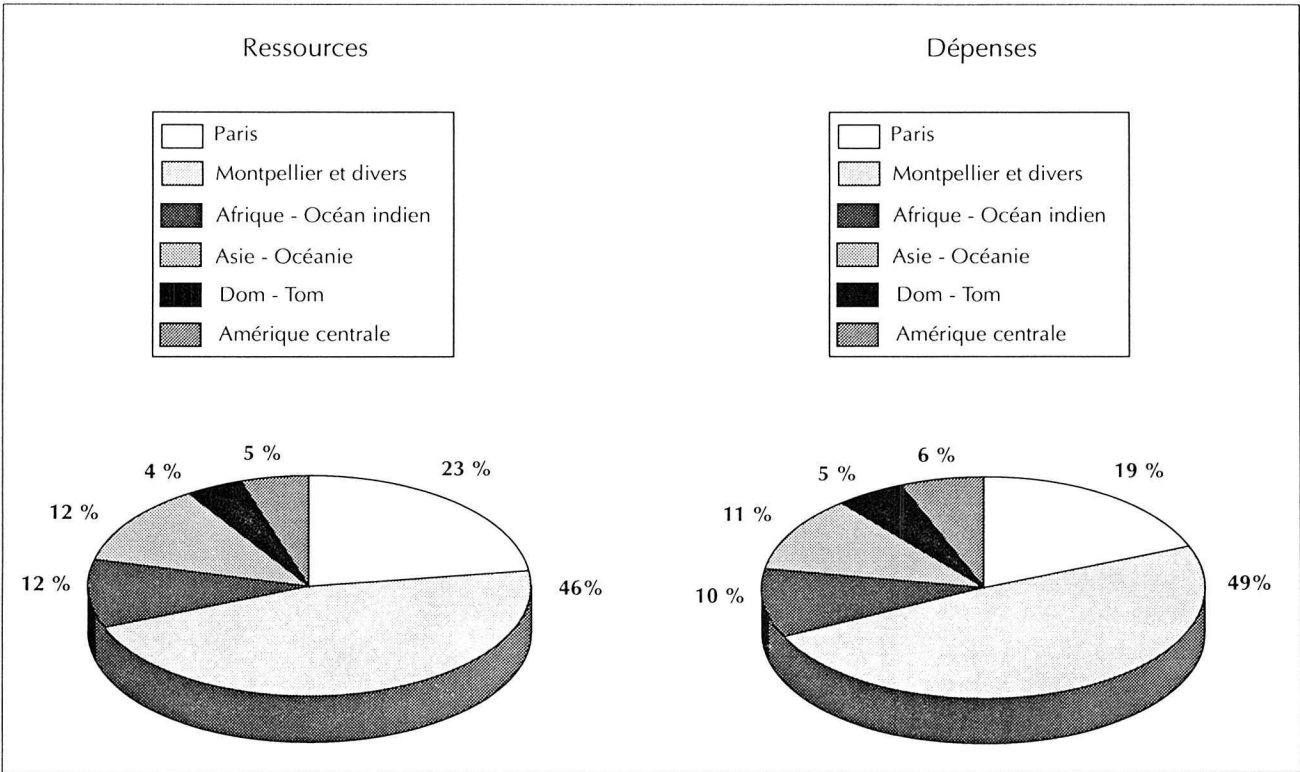
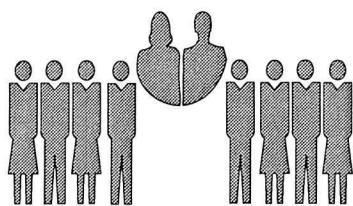


Figure 2. Répartition géographique des ressources et des dépenses en 1997.

Tableau 3. Répartition des dépenses et des ressources par zone géographique.

	1993	1994	1995	1996	1997
Ressources					
Paris	42 594	33 468	31 728	34 619	36 204
Montpellier	62 177	60 172	66 669	69 527	71 257
Afrique	29 839	24 711	15 828	14 691	14 882
Asie-Océanie	26 496	25 080	21 489	21 553	18 560
Dom-Tom	8 043	7 797	7 024	7 278	5 464
Amérique Latine	7 015	7 090	9 187	9 817	8 029
Total	176 164	158 318	151 925	157 485	154 396
Dépenses					
Paris	43 006	35 240	32 035	36 750	29 055
Montpellier	66 704	63 173	68 353	66 818	75 932
Afrique	29 537	25 777	16 794	14 900	14 950
Asie-Océanie	24 591	23 291	20 311	20 721	16 486
Dom-Tom	8 543	7 928	7 164	7 897	7 515
Amérique Latine	6 188	6 492	8 744	9 447	9 313
Total	178 569	161 901	153 401	156 527	153 611





Les effectifs du Cirad-cp au 31 décembre 1997

Nom - Prénom	Affectation	Fonction
Direction		
Directeur : Patrice de Vernou		
Coillard Hélène	Paris	Secrétaire
Corneroute Marianne	Montpellier	Secrétaire
Despréaux Denis	Montpellier	Directeur adjoint
Laurent Dominique	Montpellier	Agro-économiste
Mercier Nathalie	Montpellier	Secrétaire
Trocmé Olivier	Fidji	Correspondant Cirad
Vincent Jean-Claude	Thaïlande	Délégué Cirad
Programme cacao		
Responsable : Michel Barel		
Aguilar Philip	Vanuatu	Directeur des services généraux de Poto
Alemanno Laurence	Montpellier	Biotechnologue
Baguidy Fragile	Guyane	Observateur
Bastide Philippe	São Tomé	Agronome
Battini Jean-Luc	São Tomé	Directeur de la station de Poto
Berthouly Marc	Montpellier	Généticien
Blaha Georges	Papouasie	Phytopathologiste
Boccaro Michel	Cameroun	Généticien
Clément Didier	Montpellier	Généticien
Cros Emile	Montpellier	Chimiste
Davrieux Fabrice	Montpellier	Technicien-Chimie-technologie
Decazy Bernard	Equateur	Entomologiste
De Sartiges Aleth	Montpellier	Technicienne-Culture <i>in vitro</i>
Ducamp Michel	Montpellier	Phytopathologiste
Gil Valérie	Montpellier	Secrétaire
Jourdan Isabelle	Montpellier	Technicienne-Culture <i>in vitro</i>
Lachenaud Philippe	Côte d'Ivoire	Généticien
Lacombe Catherine	Montpellier	Technicienne-Culture <i>in vitro</i>
Laurent Sylvain	Guyane	Observateur
Mossu Guy	Montpellier	Directeur du CARFV
Oliver Gérard	Guyane	Technicien-Génétique
Pansa Henny	Guyane	Observateur
Paulin Didier	Montpellier	Généticien
Petithuguenin Philippe	Equateur	Agronome
Pradon Jean-Louis	Guyane	Agronome
Roche Gilles	Vanuatu	Technologue
Sounigo Olivier	Trinidad	Généticien
Thévenin Jean-Marc	Trinidad	Phytopathologiste

Programme café

Responsable : Daniel Duris

Assemat Sophie	Montpellier	Technicienne-Chimie-technologie
Avelino Jacques	Honduras	Phytopathologiste
Bertrand Benoît	Costa Rica	Généticien
Bieysse Daniel	Cameroun	Phytopathologiste
Charmetant Pierre	Tanzanie	Généticien
Descroix Frédéric	Montpellier	Agronome
Dufour Bernard	Nicaragua	Entomologiste
Dufour Magali	Montpellier	Culture <i>in vitro</i>
Etienne Hervé	Costa Rica	Agronomie
Fourny Gérard	Montpellier	Technologue
Gueule Dominique	Montpellier	Technicienne-Chimie-technologie
Guyot Bernard	Montpellier	Chimiste
Jagoret Patrick	Nouvelle-Calédonie	Agronome
Leroy Thierry	Montpellier	Généticien
Manez Jean-Claude	Montpellier	Technicien-Chimie-technologie
Montagnon Christophe	Côte d'Ivoire	Généticien
Perriot Jean-Jacques	Montpellier	Chimiste
Perrotel Micheline	Montpellier	Secrétaire
Pilecki André	Tonga	Agronome
Sallée Bertrand	République dominicaine	Agronome
Snoeck Didier	Montpellier	Agronome
Vaast Philippe	Montpellier	Agronome
Villain Luc	Montpellier	Nématologiste

Programme cocotier

Responsable : François Rognon

Billotte Norbert	Montpellier	Généticien
Bonneau Xavier	Montpellier	Agronome
Bourdeix Roland	Côte d'Ivoire	Généticien
Bourgoing Raymond	Indonésie	Agronome
Boutin Dominique	Indonésie	Agronome
Braconnier Serge	Montpellier	Physiologiste
Calvez Claude	Nouvelle-Calédonie	Directeur agence Cirad
Cezaire Ilereste	Guyane	Observateur
Couturier Christophe	Guyane	Chef d'équipe
Julia Jean-François	Montpellier	Entomologiste
Labouisse Jean-Pierre	Vanuatu	Généticien
Lebrun Patricia	Montpellier	Biologiste moléculaire
Lozano Paul	Montpellier	Chimiste
Morin Jean-Paul	Paris	Entomologiste
Mouchet Stéphane	Montpellier	Agronome
Ollivier Jean	Papouasie	Agronome
Ollivier Laurence	Papouasie	Entomologiste
Perthuis Bernard	Guyane	Entomologiste
Rieucan Valérie	Montpellier	Secrétaire
Rouziere André	Montpellier	Technologue
Verdeil Jean-Luc	Montpellier	Culture <i>in vitro</i>

Programme hévéa

Responsable : Yves Banchi

Bonfils Frédéric	Montpellier	Chimiste
Carron Marc-Philippe	Montpellier	Culture <i>in vitro</i>

Caussanel Vincent	Côte d'Ivoire	Agronome
Chaine Christian	Montpellier	Technicien-Culture <i>in vitro</i>
Chapuzet Thierry	Côte d'Ivoire	Généticien
Char Christine	Montpellier	Technicienne Chimie-technologie
Clément Anne	Montpellier	Technicienne-Physiologie
Clément-Demange André	Montpellier	Généticien
Couderc Florence	Montpellier	Secrétaire
Delabarre Michel	Montpellier	Agronome
Dessailly Florence	Montpellier	Technicienne-Culture <i>in vitro</i>
Déchamp Evelyne	Montpellier	Technicienne-Culture <i>in vitro</i>
De Livonnière Hugues	Paris	Technologue
Enjalric Frank	Gabon	Correspondant Cirad - Généticien
Eschbach Jean-Marie	Montpellier	Agronome
Gohet Eric	Côte d'Ivoire	Agronome
Gorelis Mazal	Paris	Secrétaire
Goud Marguerite	Montpellier	Technicienne-Génétique
Guyot Jean	Gabon	Phytopathologiste
Hérault Isabelle	Montpellier	Secrétaire
Juliot Eric	Guyane	Agronome
Lacote Régis	Thaïlande	Physiologiste
Laigneau Jean-Claude	Côte d'Ivoire	Technologue
Lardet Ludovic	Montpellier	Culture <i>in vitro</i>
Lazuttes Danielle	Montpellier	Secrétaire
Le Guen Vincent	Brésil	Généticien
Leconte Antoine	Montpellier	Agronome
Mabie Amédie	Guyane	Observateur
Masson Louis	Guyane	Observateur
Montoro Pascal	Thaïlande	Généticien
Omont Hubert	Montpellier	
Oriol Florence	Montpellier	Technicienne-Culture <i>in vitro</i>
Palu Serge	Vietnam	Technologue
Penot Eric	Indonésie	Agronome
Pinard Fabrice	Guyane	Phytopathologiste
Prévot Jean-Claude	Montpellier	Physiologiste
Pujade-Renaud Valérie	Thaïlande	Biologiste moléculaire
Rivano Franck	Guatemala	Phytopathologiste
Rouxel René	Montpellier	Agronome
Sainte-Beuve Jérôme	Montpellier	Technologue
Sanier Christine	Montpellier	Technicienne-Physiologie
Seguin Marc	Montpellier	Biologiste moléculaire
Sizo Joseph	Guyane	Observateur
Thaler Philippe	Côte d'Ivoire	Agronome
Tran Van Canh	Côte d'Ivoire	Phytopathologiste
Troispoux Valérie	Guyane	Technicienne-Pathologie

Programme palmier

Responsable : Bertrand Tailliez

Amblard Philippe	Montpellier	Généticien
Berthaud André	Brésil	Agronome
Beulé Thierry	Montpellier	Technicien-Culture <i>in vitro</i>
Caliman Jean-Pierre	Indonésie	Généticien
Cochard Benoît	Côte d'Ivoire	Généticien
Corrado Francis	Paris	Agronome
Cros Guylaine	Montpellier	Secrétaire
Desmier de Chenon Roch	Indonésie	Entomologiste
Dubos Bernard	Montpellier	Agronome
Durand-Gasselin Tristan	Côte d'Ivoire	Généticien

Duval Yves	Montpellier	Culture <i>in vitro</i>
Hornus Philippe	Cameroun	Agronome
Huguenot Roland	Montpellier	Agronome
Jacquemard Jean-Charles	Côte d'Ivoire	Généticien
Jannot Claude	Montpellier	Agro-économiste
Jourdan Christophe	Montpellier	Agronome
Kuhnholz-Lordat Marie-Pierre	Montpellier	Secrétaire
Lamade Emmanuelle	Montpellier	Physiologiste
Lemoine Claudine	Paris	Secrétaire
Lesage Véronique	Montpellier	Secrétaire
Louise Claude	Cameroun	Généticien
Nardini Véronique	Montpellier	Secrétaire
Nouy Bruno	Bénin	Généticien
Ouvrier Maurice	Côte d'Ivoire	Agronome
Pina Michel	Montpellier	Chimiste
Pioch Daniel	Montpellier	Chimiste
Potier Françoise	Indonésie	Généticienne
Quencez Pierre	Montpellier	Agronome
Renard Jean-Luc	Montpellier	Gestion de la recherche
Richaud Frédérique	Montpellier	Technicienne-Culture <i>in vitro</i>
Rival Alain	Montpellier	Culture <i>in vitro</i>
Treager James	Montpellier	Culture <i>in vitro</i>

Direction scientifique

Hadjadj Jeanne	Montpellier	Secrétaire
----------------	-------------	------------

UR agronomie

Responsable : Jean-Louis Jacob

Appé Josette	Montpellier	Secrétaire
Beaudon Andrée	Montpellier	Secrétaire
Galouye Yvette	Montpellier	Secrétaire
Jadin Pierre	Montpellier	Agronome
Nguyen Hugo	Montpellier	Pédologue - Télédétection
Oliver Perline	Montpellier	Secrétaire
Rieu-Vierne Josiane	Montpellier	Secrétaire

UR amélioration

Responsable : Dominique Nicolas

Barthod Florence	Montpellier	Secrétaire
Baudouin Luc	Montpellier	Généticien
Eskes Albertus	Montpellier	Amélioration caféier-cacaoyer
Gobart Claudie	Montpellier	Secrétaire
Noiret Jean-Marc	Montpellier	Amélioration palmier-cocotier
Porri Géraldine	Montpellier	Secrétaire

UR biométrie

Responsable : François Bonnot

Cilas Christian	Montpellier	Biométricien
Flori Albert	Montpellier	Biométricien
Geoffroy Jeanine	Montpellier	Biométricienne
Hamelin Chantal	Montpellier	Biométricienne
Piana Béatrice	Montpellier	Technicienne-Biométrie
Sauret Brigitte	Montpellier	Technicienne-Informatique

UR chimie-technologie

Responsable : François Challot

Brouat Jacques	Montpellier	Dessinateur projeteur
Graille Jean	Montpellier	Responsable laboratoire lipotechnie
Huguet Annie	Montpellier	Secrétaire
Jacquet Michel	Montpellier	Technologue café-cacao
Laurent Serge	Montpellier	Chimiste
Morel Gilles	Montpellier	Technicien chimie-technologie
Noel Jean-Marc	Montpellier	Technologue
Obede Marie-Pierre	Montpellier	Secrétaire
Paillusson Nathalie	Montpellier	Secrétaire

UR défense des cultures

Responsable : Dominique Mariau

Berry Dominique	Montpellier	Phytopathologiste
Bourelly Geneviève	Montpellier	Secrétaire
De Franqueville Hubert	Montpellier	Phytopathologiste
Dollet Michel	Montpellier	Virologue
Fenouillet Catherine	Montpellier	Technicienne-Entomologie
Gargani Daniel	Montpellier	Technicien-Virologie
Hérail Claude	Montpellier	Technicienne-Pathologie
Lagrenée Dominique	Montpellier	Secrétaire
Miette Dely	Montpellier	Secrétaire
Muller Emmanuelle	Montpellier	Phytopathologiste
Nguyen Jean	Montpellier	Entomologiste
Pignolet Luc	Montpellier	Technicien-Nématologie
Philippe René	Montpellier	Entomologiste
Roussel Véronique	Montpellier	Technicienne-Pathologie
Vezian Katia	Montpellier	Technicienne-Pathologie

UR économie des filières

Responsable : Claude Freud

Daviron Benoît	Montpellier	Economiste
Provenchère Yvette	Paris	Secrétaire

Service information et communication

Responsable : Christine Nouaille

Barale Martine	Montpellier	Documentaliste
Biggins Peter	Paris	Traducteur
Boussard Bénédicte	Paris	Editrice
Burford Helen	Paris	Traductrice
Charbonnier Georgette	Montpellier	Documentaliste
De Mortillet Philippe	Montpellier	Aide-documentaliste
Guard Delphine	Montpellier	Graphiste
Jimenez Marie-Thérèse	Paris	Traductrice
Joly Clémence	Montpellier	Maquettiste
Lagrenade Nathalie	Montpellier	Secrétaire
Lambert Béatrice	Montpellier	Documentaliste assistante
Lambert Marie-Christine	Montpellier	Documentaliste
Mohr-Desmoulins Pascale	Paris	Secrétaire
Pons Nicole	Montpellier	Editrice
Ros Sabine	Montpellier	Secrétaire
Rouly Myren	Montpellier	Documentaliste

Schmitt Laurence	Montpellier	Secrétaire
Sclavénitis Patricia	Montpellier	Assistante d'édition
Serier Jean-Baptiste	Montpellier	Editeur
Trémoulet Françoise	Montpellier	Documentaliste
Villate Luce	Montpellier	Documentaliste

Direction administrative et financière

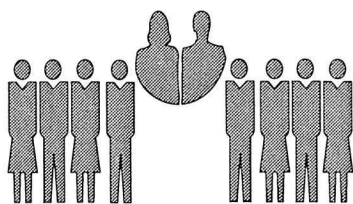
Directeur : Michel Aubry

Aubert Maryse	Paris	Secrétaire
Aufort Michelle	Paris	Gestion du personnel
Beaussart Marie-Claude	Paris	Technicienne laboratoire Inra
Blanc Nicole	Paris	Assistante administrative
Buhot de Launay Dominique	Paris	Secrétaire
Cabrera Marie-José	Paris	Gestion des conventions
Clouet Christian	Paris	Assistant administratif
Delpech Christian	Paris	Chauffeur - coursier
De Pauw Stéphane	Paris	Responsable service exploitation
Droin Pierre	Paris	Gestion et facturation des conventions
Drouet Simone	Paris	Aide administrative
Dufour Frédéric	Paris	Burotrop
Durand-Tortora Christine	Paris	Secrétaire
Hubert Lydie	Paris	Comptable
Jensen-Quentel Gry	Paris	Secrétaire
Jouzier Dominique	Paris	Aide administrative
Laborde Marie-Pierre	Paris	Assistante administrative
Lacam Elisabeth	Paris	Comptable
Lorch Anne	Paris	Chef comptable
Monnet Eric	Paris	Comptable
Monnier Michel	Paris	Comptable
Moreau Edith	Paris	Agent administratif
Niot Bernadette	Paris	Femme de ménage
Obringer Marie-Claire	Paris	Comptable
Parra Marina	Paris	Agent administratif
Potiquet Marie-Claude	Paris	Secrétaire
Ricaud Patricia	Paris	Secrétaire
Rouelle Huguette	Paris	Responsable budget
Ségonne Chantal	Paris	Secrétaire
Stoliaroff Florence	Paris	Secrétaire
Trebel Michel	Paris	Mis à disposition Dre Paris

Unité de gestion de Montpellier

Responsable : Didier Gout

Bermudez José	Montpellier	Comptable
Chantal Fabrice	Montpellier	Gestion du personnel
Demarcq Marie-Claude	Montpellier	Secrétaire
Lopez Nadine	Montpellier	Secrétaire
Quéant Martine	Montpellier	Comptable



Les mouvements du personnel Cirad-cp en 1996

Arrivées

Nom - Prénom	Structure	Localisation	Mois	Origine
Alemanno Laurence	Cacao	Montpellier	mars	Extérieur
Chantal Fabrice	UGM	Montpellier	avril	Extérieur
Jourdan Christophe	Palmier	Montpellier	avril	Extérieur
Morel Gilles	Chimie-Technologie	Montpellier	juin	Extérieur
Niot Bernadette	DAF	Paris	juil.	CA

CSN ou VAT

Caussanal Vincent	Hévéa	Côte d'Ivoire	nov.
Juliot Eric	Hévéa	Guyane	déc.
Le Bonté Antoine	Hévéa	Cameroun	déc.

CDD - CES - Allocataires de recherche

Avallone Sylvie	Cacao	Mexique	déc.
Beudin Karine	Hévéa	Montpellier	août
Cloux Christian	Hévéa	Indonésie	sept.
Espinosa Isabelle	Défense des cultures	Montpellier	nov.
Flageul Olivier	SIC	Montpellier	avril
Jourdan Isabelle	Cacao	Montpellier	mars/oct.
Hébrard Eugénie	Défense des culture	Montpellier	juil.
Laurent Serge	Chimie-technologie	Montpellier	juin
Lucas Florence	SIC	Montpellier	avril
Mathieu Eliane	Chimie-technologie	Montpellier	oct.
Médouga Betty	Café	Montpellier	avril
Pignolet Luc	Défense des cultures	Montpellier	nov.
Rondet Myriam	Economie	Montpellier	nov.
Roux Catherine	Amélioration des plantes	Montpellier	avril
Treager	Palmier	Montpellier	mars
Varlet Frédéric	Economie	Cameroun	fév.

Départs

Nom - Prénom	Structure	Localisation	Mois
Bénard Guy	Agronomie	Montpellier	janv.
Bouyjou Bernard	Café	Burundi	août
Danglehant Yves	DAF	Paris	mai
Daniel Claude	Agronomie	Montpellier	oct.
Leplob Isabelle	Chimie-technologie	Montpellier	mai
Meunier Jean	UGM	Montpellier	mars

CSN ou VAT

Andrade Olivier	Hévéa	Guyane	déc.
De Lipowski Antoine	Hévéa	Cameroun	déc.
Sillero Albert	Cacao	São Tomé	oct.
Tison Jérôme	Hévéa	Côte d'Ivoire	juil.

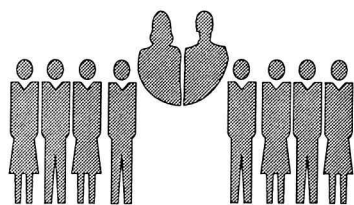
CDD - CES - Allocataires de recherche

Bastid Anne-Marie	Palmier	Montpellier	mars
Beudin Karine	Hévéa	Montpellier	sept.
Carabasse Denis	Chimie-technologie	Montpellier	mai
Cloux Christian	Hévéa	Indonésie	déc.
Flageul Olivier	SIC	Montpellier	déc.
Hébrard Eugénie	Défense des cultures	Montpellier	août
Laurent Serge	Chimie-technologie	Montpellier	mars/août
Lucas Florence	SIC	Montpellier	juil.
Médouga Betty	Amélioration	Montpellier	janv./sept.
Richard Catherine	Hévéa	Montpellier	fév.
Rondet Myriam	Economie	Montpellier	août
Roux Catherine	Amélioration des plantes	Montpellier	août
Varlet Frédéric	Economie	Cameroun	mai

Changements d'affectation

Nom - Prénom	Quitte	Localisation	Mois	Rejoint	Localisation	Mois
Aguilar Philippe	ATD - Cacao	São Tomé	sept.	Cacao	Montpellier	oct.
Billotte Norbert	Cocotier	Indonésie	Fév.	Cocotier	Montpellier	mars
Blaha Georges	DDC	Montpellier	janv.	Cacao	Papouasie	fév.
Caliman Jean-Pierre	Agronomie	Montpellier	janv.	Palmier	Indonésie	fév.
Charmetant Pierre	Café	Montpellier	fév.	Café	Tanzanie	mars
Decazy Bernard	DDC	Montpellier	fév.	Cacao	Equateur	mars
De Franqueville Hubert	Palmier	Côte d'Ivoire	fév.	DDC	Montpellier	mars
Delabarre Michel	Hévéa	Montpellier	fév.	Hévéa	Côte d'Ivoire	mars
Ducamp Michel	Cacao	Trinidad	oct.	Cacao	Montpellier	nov.

Duhamel Gérard	Cocotier	Vanuatu	fév.	Cocotier	Montpellier	mars
Etienne Hervé	Cacao	Montpellier	janv.	Café	Costa Rica	fév.
Fourny Gérard	Café	Burundi	avril	Café	Montpellier	mai
Gout Didier	ATD - Hévéa	Cameroun	août	DAF	Paris	sept.
Gout Didier	DAF	Paris	sept.	UGM	Montpellier	oct.
Jadin Pierre	Cacao	São Tomé	août	Agronomie	Montpellier	sept.
Lachenaud Philippe	Cacao	Equateur	janv.	Cacao	Montpellier	fév.
Lamade Emmanuelle	Palmier	Montpellier	fév.	Palmier	Indonésie	mars
Mossu Guy	Cacao	Vanuatu	juil.	Cacao	Montpellier	août
Mouchet Stéphane	Cocotier	Indonésie	déc.	Cocotier	Montpellier	déc.
Potier Françoise	Palmier	Indonésie	avril	Palmier	Montpellier	mai
Potier Françoise	Palmier	Montpellier	juil.	Palmier	Indonésie	août
Snoeck Didier	Café	Burundi	mars	Café	Montpellier	avril



Les mouvements du personnel Cirad-cp en 1997

Arrivées

Nom - Prénom	Structure	Localisation	Mois	Origine
Mialet-Serra Isabelle	Agronomie	Montpellier	janv.	Gerdat
Renard Jean-Luc	Palmier	Montpellier	janv.	Gerdat

CSN ou VAT

Doupeux Séverin	Hévéa	Cameroun	mai
Grenier Sébastien	Cacao	São Tomé	mars

CDD - CES - Allocataires de recherche

Amaré Sylvie	Agronomie	Montpellier	janv.	Extérieur
Astolfi Dominique	Cocotier	Montpellier	avril	Extérieur
Chirat Nathalie	Chimie-Technologie	Montpellier	fév.	Extérieur
Crémades Sylvie	Palmier	Montpellier	fév.	Extérieur
Fabre Jean-Vincent	Défense des cultures	Montpellier	juil.	Extérieur
Flageul Olivier	SIC	Montpellier	sept.	Extérieur
Gruchy David	Hévéa	Montpellier	mai	Extérieur
Lashini Magaly	Agronomie	Montpellier	juin	Extérieur
Laurent Serge	Chimie-Technologie	Montpellier	août	Extérieur
Rang Cécile	Café	Montpellier	nov.	Extérieur
Rondet Myriam	Hévéa	Montpellier	fév.	Extérieur
Villeneuve Pierre	Chimie-Technologie	Montpellier	juin	Extérieur

Départs

Nom - Prénom	Structure	Localisation	Mois
Baradat Philippe	Biométrie	Montpellier	août
Chaillard Hubert	Agronomie	Montpellier	sept.
Champéroux Guy	Café	Montpellier	mars
Duhamel Gérard	Cocotier	Montpellier	sept.

Gintzburger Monique	SIC	Montpellier	sept.
Gout Didier	DAF	Montpellier	août
Huguenot Roland	Palmier	Montpellier	janv.
Laigneau Jean-Claude	Hévéa	Montpellier	déc.
Leudière Laure	DAF	Paris	janv.
Roch Jocelyne	SIC	Montpellier	janv.
Wuidart Willy	Cocotier	Montpellier	avril

CDD - CES - Allocataires de recherche

Amarée Sylvie		Montpellier	avril
Astolfi Dominique		Montpellier	sept.
Benton Donald	Hévéa	Vietnam	fév.
Campaignolle Denis	Hévéa	Cambodge	janv.
Chirat Nathalie		Montpellier	déc.
Crémades Sylvie		Montpellier	nov
Espinosa Isabel		Montpellier	août
Flageul Olivier		Montpellier	déc.
Lashini Magaly		Montpellier	nov.
Mathieu Eliane		Montpellier	avril
Mouchet Stéphane		Montpellier	déc.
Rondet Myriam		Montpellier	mars
Villeneuve Pierre		Montpellier	déc.

Changements d'affectation

Nom - Prénom	Quitte	Localisation	Mois	Rejoint	Localisation	Mois
Aguilar Philippe	Cacao	Montpellier	sept.	Cacao	Vanuatu	oct.
Braconnier Serge	Cocotier	Vanuatu	août	Cocotier	Montpellier	sept
Calvez Claude	Cocotier	Nouvelle-Calédonie	mai	Cocotier	Montpellier	juin
Dubos Bernard	Palmier	Cameroun	oct.	Palmier	Montpellier	nov.
Fourny Gérard	Café	Montpellier	juil.	Café	Cameroun	août
Jannot Claude	Palmier	Côte d'Ivoire	janv.	Palmier	Montpellier	fév.
Jourdan Christophe	Palmier	Montpellier	fév.	Palmier	Vanuatu	mars
Jourdan Christophe	Palmier	Vanuatu	mai	Palmier	Montpellier	juin
Julia Jean-François	Cocotier	Philippines	août	Cocotier	Montpellier	sept.
Lachenaud Philippe	Cacao	Montpellier	août	Cacao	Montpellier	sept.
Lamade Emmanuelle	Palmier	Montpellier	mai	Palmier	Indonésie	juin
Lamade Emmanuelle	Palmier	Indonésie	nov.	Palmier	Montpellier	déc.
Leconte Antoine	Hévéa	Cambodge	fév.	Hévéa	Montpellier	mars
Rouxel René	Hévéa	Côte d'Ivoire	mai	Hévéa	Montpellier	juin
Thaler Philippe	Hévéa	Montpellier	janv.	Hévéa	Côte d'Ivoire	fév.
Thévenin Jean-Marc	Cocotier	Montpellier	janv.	Cacao	Trinidad	fév.
Trebel Michel	DRE	Paris	fév.	DRE	Guyane	mars
Villain Luc	Café	Guatemala	juin	Café	Montpellier	juil.

Liste des sigles

Aciar	Australian Centre for International Agricultural Research (Australie)
Acna	Association professionnelle du caoutchouc naturel en Afrique (Côte d'Ivoire)
Aeda	Aroma Extract Dilution Analysis
Aflp	Amplified Fragment Length Polymorphism
Afnor	Association française de normalisation (France)
Agetrop	Analyse du génome tropical, Cirad (France)
Aiea	Agence internationale pour l'énergie atomique (Autriche)
Amap	Atelier de modélisation de l'architecture des plantes, CIRAD (France)
Anacafe	Asociación Nacional del Café (Guatemala)
Anvar	Agence nationale de valorisation de la recherche (France)
Arim	Agricultural Research Institute of Mikocheni (Tanzanie)
Atd	Assistance technique directe
Atp	Action thématique programmée
Biotrop	Laboratoire de biotechnologies des plantes tropicales, CIRAD (France)
Bnetd-cct	Bureau national d'études techniques et de développement. Centre de cartographie et de télédétection (Côte d'Ivoire)
Burotrop	Bureau pour le développement de la recherche sur les oléagineux tropicaux pérennes (France)
Caobisco	Association des industries de la chocolaterie, de la biscuiterie et de la confiserie (Belgique)
Carfv	Centre agronomique de recherche et de formation du Vanuatu (Vanuatu)
Cath	Centre d'appui technique à l'hévéaculture (Gabon)
Catie	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Costa Rica)
Ccri	Cocoa and Coconut Research Institute (Papouasie-Nouvelle-Guinée)
Cdc	Cameroon Development Corporation (Cameroun)
Cdm	Coconut data management
Cee	Communauté économique européenne (Belgique)
Cemagref	Centre national du machinisme agricole, du génie rural, des eaux et des forêts (France)
Cenipalma	Centro de Investigación en Palma de Aceite (Colombie)
Cerna	Centre d'éducation et de recherche pour la nutrition appliquée (Bénin)
Cfao	Compagnie française de l'Afrique occidentale (France)
Cfc	Common Fund for Commodities
Cfd	Caisse française de développement (France)
Cgrd	Coconut Genetic Resources Database
Chu	Centre hospitalier universitaire (France)
Ciat	Centro de Investigación Agrícola e Técnico (São Tomé)
Cib	Coconut Industry Board (Jamaïque)
Cicy	Centro de Investigación Científica de Yucatán (Mexique)
Cifc	Centro de Investigación das Ferrugens do Cafeeiro (Portugal)
Ciif	Coconut industrial investment funds
Clhp	Chromatographie liquide à haute performance
Cmh	Consejo Mexicano del Hule (Mexique)

Cnearc	Centre national d'études agronomiques des régions chaudes (France)
Cnrs	Centre national de la recherche scientifique (France)
Cogent	Coconut Genetic Resources Network (Singapour)
Cru	Cocoa Research Unit (Trinité et Tobago)
Csn	Coopérant du service national
Cssv	Cocoa swollen-shoot virus
Cttm-irap	Centre de transfert de technologie du Mans-Institut de recherches appliquées sur les polymères (France)
Denpasa	Dende do Para (Brésil)
Dfc	Dépérissement foliaire du cocotier
Elisa	Enzyme-linked Immuno-sorbent assay
Elnr	Caoutchouc naturel liquide époxydé
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (Brésil)
Ensa	Ecole nationale supérieure agronomique (France)
Ensaia	Ecole nationale supérieure d'agronomie et des industries alimentaires (France)
Ensam	Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier (France)
Ensia	Ecole nationale supérieure des industries alimentaires (France)
Fac	Fonds d'aide et de coopération (France)
Fao	Food and Agriculture Organisation (Italie)
Felcra	Federal Land Consolidation and Rehabilitation Authority (Malaisie)
Felda	Federal Land Development Authority (Malaisie)
Fic	Fonds international des Caraïbes
Fonaiap	Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Venezuela)
Frutop	Frutop Produtora de Alimentos (Brésil)
Gapkindo	Association des producteurs-exportateurs du caoutchouc naturel indonésien (Indonésie)
Gerdat	Gestion, recherche, documentation et appui technique, Cirad (France)
Gopdc	Ghana Oil Palm Development Co (Ghana)
Grel	Ghana Rubber Estates Limited (Ghana)
Gta	Génie des techniques agroalimentaires, Cirad (France)
Hsbc	Hong Kong Shangaï Banking Corporation (Chine)
Icco	International Cocoa Organization (Royaume-Uni)
Icraf	International Centre for Agroforestry (Indonésie)
Idefor-dcc	Institut des forêts-Département café cacao (Côte d'Ivoire)
Idefor-dpl	Institut des forêts-Département des plantes à latex (Côte d'Ivoire)
Idefor-dpo	Institut des forêts-Département oléagineux (Côte d'Ivoire)
Inco	International cooperation (Belgique)
Ingenic	International Group for Genetic Improvement of Cocoa (Royaume-Uni)
Inia	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria (Espagne)
Iniap	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Equateur)
Inifap	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (Mexique)
Inpy	Institut national polytechnique de Yaoundé (Cameroun)
Inra	Institut national de la recherche agronomique (France)
Inrab	Institut national de recherche agronomique du Bénin (Bénin)
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale (France)
Iopri	Indonesian Oil Palm Research Institute (Indonésie)
Ipgri	International Plant Genetic Resources Institute (Italie)

Irad	Institut de recherches agronomiques pour le développement (Cameroun)
Ircv	Institut de recherches sur le caoutchouc du Vietnam (Vietnam)
Irrdb	International Rubber Research and Development Board (Royaume-Uni)
Irri	Indonesian Rubber Research Institute (Indonésie)
Iso	International Standard Organisation (Suisse)
Itvh	Instituto Tecnológico de Villa Hermosa (Mexique)
Kdp	Kokonut Development Project (Vanuatu)
Mae	Ministère des affaires étrangères (France)
Mag	Ministerio de Agricultura y Ganaderia (Equateur)
Menesr	Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche (France)
Minagri	Ministry of Agriculture (Ghana)
Mlee	Multilocus enzymes electrophoresis
Mu	Mahidol University (Thaïlande)
Nri	Natural Resources Institute (Royaume-Uni)
Orstom	Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (France)
Paesruc	Programme d'ajustement pour l'enseignement supérieur en République unie du Cameroun (Cameroun)
Par	Photosynthetically active radiations
Pca	Philippine Coconut Authority (Philippines)
Pcarrd	Philippine Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development (Philippines)
Pcv	Pack cell volume
Pdicc	Production et dissémination de cultivars de cocotier améliorés (Pacifique)
Pipoc	Porim International Palm Oil Conference
Porim	Palm Oil Research Institute of Malaysia (Malaisie)
Procafe	Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café (Salvador)
Promecafe	Programa Cooperativo Regional para la Protección y Modernización de la Caficultura (Costa Rica)
PT Smart	PT Sinar Mas Agro Resources and Technology Corporation (Indonésie)
Qtl	Quantitative Trait Loci
Rapd	Random Amplified Polymorphic DNA
Rflp	Restricted Fragment Length Polymorphism
Risda	Rubber Industry Smallholders Development Authority (Malaisie)
Rrit	Rubber Research Institute of Thailand (Thaïlande)
Rsup	PT Riau Sakti United Plantations (Indonésie)
Safacam	Société africaine forestière et agricole du Cameroun (Cameroun)
Siat	Société d'investissement pour l'agriculture tropicale („„? palmier)
Sicor	Société ivoirienne de coco râpé (Côte d'Ivoire)
Sig	Système d'information géographique
Sil	Société industrielle lorientaise (France)
Siph	Société internationale des plantations d'hévéas
Soca2	Société de réalisation et de gestion de projets café et cacao (France)
Socapalm	Société camerounaise des palmeraies (Cameroun)
Socfinco	Socfim Consultant Services (Belgique)
Socfindo	Société financière d'Indonésie (Indonésie)
Socoaven	Société de réalisation et de gestion de projets café et cacao au Venezuela (Venezuela)
Sodeci	Société de développement des cultures industrielles (France)

Spfs	Société des plantations de la ferme suisse (Cameroun)
Srap	Smallholder Rubber Agroforestry Project (Indonésie)
Srl	Société des raffineries du littoral (Cameroun)
Srph-inrab	Station de recherche du palmier à huile-Institut national de recherche agronomique du Bénin (Bénin)
Std	Sciences et techniques au service du développement (DG XII - CEE)
Uam	Universidad Autonomia Metropolitana (Mexique)
Ubs	Union des banques suisses
Ue	Union européenne
Unido	United Nations Industrial Development Organization (Suisse)
Unb	Université nationale du Bénin (Bénin)
Uplb	University of Philippines, Los Baños (Philippines)
Usda	United States Department of Agriculture (Etats-Unis)
Vm	Viscosité Mooney
Wari	Waite Agricultural Research Institute (Australie)



ARTICLES DE PÉRIODIQUES, CHAPITRES D'OUVRAGES, MONOGRAPHIES

Cacao

Généralités

001 - Aguilar P. La cacaoculture à São Tomé et Príncipe. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/05-06. - vol. 4, n. 3, p. 165-174 (6 p.).

002 - Jagoret P. Développement du cacao au Vanuatu : un bilan contrasté. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/09-10. - vol. 3, n. 5, p. 329-337.

Physiologie végétale - Nutrition minérale

003 - Falque M., Lesdalons C., Eskes A.B. Comparison of two cacao (*Theobroma cacao* L.) clones for the effect of pollination intensity on fruit set and seed content. Sexual Plant Reproduction (DEU), 1996. - vol. 9, p. 221-227.

Phytotechnie

004 - Aguilar P., Jadin P. La replantation des vieilles cacaoyères en Afrique. Afrique Agriculture (FRA), 1997/03. - n. 246, p. 66-67.

Génétique - Amélioration des plantes

005 - Alemanno L., Berthouly M., Michaux-Ferrière N. Histology of somatic embryogenesis from floral tissues of cocoa. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (NLD), 1996. - vol. 46, p. 187-194.

006 - Alemanno L., Berthouly M., Michaux-Ferrière N. Embryogenèse somatique du cacaoyer à partir de pièces florales. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/07-08. - vol. 3, n. 4, p. 225-237.

007 - Alemanno L., Berthouly M., Michaux-Ferrière N. A comparaison between *Theobroma cacao* L. zygotic embryogenesis and somatic embryogenesis from floral explants. In Vitro Cellular and Development Biology - Plant (USA), 1997/08-09. - vol. 3, p. 163-172.

008 - Berthouly M., Eskes A.B. Les biotechnologies appliquées au cacaoyer. In : Teisson C. (ed.) - Biotechnologies végétales. Intégration chez les plantes tropicales. UNISAT Université Audiovisuelle Francophone (FRA), Paris (FRA) : CNED, 1997. - vol. 1, réf. BV9C, p. 69-83. **Confidentiel.**

009 - Christopher Y., Sounigo O. The use of RAPD for characterization and genetic assessment of cacao. In : University of the West Indies. - Cocoa Research Unit. Report for 1995, Saint Augustine (TTO) : University of the West Indies, 1996. - p. 38-51.

010 - Eskes A.B., Lanaud C. Le cacaoyer. In : Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolas D. - L'amélioration des plantes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - p. 141-170.

011 - Lachenaud P., Mooleedhar V., Couturier C. Les cacaoyers spontanés de Guyane. Nouvelles prospections. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/01-02. - vol. 4, n. 1, p. 25-32

012 - Sankar A., Sounigo O. The use of isozyme electrophoresis for characterization and genetic diversity assessment of cacao. In : University of the West Indies. - Cocoa Research Unit. Report for 1995, Saint Augustine (TTO) : University of the West Indies, 1996. - p. 52-63.

013 - Sounigo O., Christopher Y., Sankar A. Overview of the activities of the biochemistry laboratory. In : University of the West Indies. - Cocoa Research Unit. Report for 1995, Saint Augustine (TTO) : University of the West Indies, 1996. - p. 33-37.

014 - Sounigo O., Christopher Y. Evaluation of the reproducibility of RAPD markers on cacao. In : University of the West Indies. - Cocoa Research Unit. Report for 1995, Saint Augustine (TTO) : University of the West Indies, 1996. - p. 64-74.

015 - Sounigo O., Christopher Y., Umaharan R., Motilal L. Overview of the activities performed in the biochemistry unit. *In* : University of the West Indies. - Cocoa Research Unit. Report for 1996, Saint Augustine (TTO) : University of the West Indies, 1997. - p. 34.

016 - Sounigo O., Christopher Y., Umaharan R. Genetic diversity assessment of *Theobroma cacao* L. Using iso-enzyme and RAPD analyses. *In* : University of the West Indies. - Cocoa Research Unit. Report for 1996, Saint Augustine (TTO) : University of the West Indies, 1997. - p. 35-51.

017 - Sounigo O. Assessing genetic diversity in the international cocoa genebank of Trinidad (ICGT) using isozyme electrophoresis. *Ingenic Newsletter* (GBR), 1997. - n. 3, p. 11-16.

Défense des cultures

018 - Brun L.A., Sounigo O., Coulibaly N., Cilas C. Methods of analysis for studying cocoa (*Theobroma cacao* L.) susceptibility to mirids. *Euphytica* (NLD), 1997. - vol. 94, n. 3, p. 349-359.

019 - Nguyen Ban J. Lutte contre les maladies et ravageurs du cacaoyer. *Plantations, Recherche, Développement* (FRA), 1996/05-06. - vol. 3, n. 3, p. 191-194.

020 - Thévenin J.M., Trocmé O. La moniliose du cacaoyer. *Plantations, Recherche, Développement* (FRA), 1996/11-12. - vol. 3, n. 6, p. 397-406.

Technologie

021 - Barel M. La fermentation du cacao. *In* : Bourgeois C.M. (ed.), Larpent J.P. (ed.). - Microbiologie alimentaire. Tome 2 : aliments fermentés et fermentations alimentaires. - 2. ed. Sciences et Techniques Agro-Alimentaires (FRA), Paris (FRA) : Technique et Documentation Lavoisier, 1996. - vol. 2, p. 275-286.

022 - Barel M. La fermentation du cacao : le moyen de l'apprécier et de la maîtriser. *Industries Alimentaires et Agricoles* (FRA), 1997/04. - vol. 114, n. 4, p. 211-214.

023 - Despréaux D., Leblond A. Synthèse des rencontres cacao : les différents aspects de la qualité. *Plantations, Recherche, Développement* (FRA), 1996/03-04. - vol. 3, n. 2, p. 113-123.

Economie, développement, sociologie

024 - Daviron B. Cacao. *In* : Fiches produits n.4. Mise à jour juillet 1996. *Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières* (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996/07. - n. 28, p. 43-45.

025 - Daviron B. Cacao. *In* : Fiche produits n. 5. Mise à jour juillet 1997. *Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières* (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997/07. - n. 34, p. 41-43.

026 - Daviron B., Losch B. Quelles stratégies sectorielles agricoles pour l'aide publique française ?. *Réflexions à partir des secteurs café-cacao africains. Notes et Etudes* (FRA), Paris (FRA) : Caisse Française de Développement, 1997. - n. 60, 74 p.

027 - Hanak Freud E., Freud C. Malgré la dévaluation et la libéralisation. Les producteurs africains de cacao profitent moins du marché que les planteurs indonésiens. *Afrique Agriculture* (FRA), 1997/09. - n. 251, p. 24-28.

028 - Jacquet M. Les filières café, cacao, thé, épices et aromates en France. *Réflexion stratégique sur la recherche en industrie agroalimentaire. Documents de Travail du CIRAD-CP* (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD-CP, 1997/12. - 145 p.

Café

Généralités

029 - Doan Trieu Nhan, Bui Dinh Tru, Nguyen Van Thuong, Phan Si Thuc, Nguyen Thi Yen, Vu Hong Thuy, Lobry J.C., Victor Pujebet B., Buigues H., Duris D., Fourny G. Etude de faisabilité d'un projet de développement de la culture du café Arabica. Paris (FRA) : BDPA-SCETAGRI, 1996/11. - n. édition : 96 082, 230 p.

030 - Trebel M. La caféiculture vietnamienne. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/01-02. - vol. 3, n. 1, p. 5-14.

Phytotechnie

031 - Snoeck D. Effets bénéfiques de l'association *Leucaena-Rhizobium* sur le caféier au Burundi. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/11-12. - vol. 3, n. 6, p. 408-417.

032 - Vaast P., Zasoski R.J., Bledsoe C.S. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation at different soil P availabilities on growth and nutrient uptake of *in vitro* propagated coffee (*Coffea arabica* L.) plants. Mycorrhiza (DEU), 1996. - vol. 6, p. 493-497.

Génétique - Amélioration des plantes

033 - Anthony F., Bertrand B., Lashermes P., Charrier A. La biologie moléculaire en appui à l'amélioration génétique du caféier Arabica. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/11-12. - vol. 4, n. 6, p. 369-374.

034 - Berthouly M., Eskes A.B. Les biotechnologies appliquées au caféier. In : Teisson C. (ed.). - Biotechnologies végétales. Intégration chez les plantes tropicales. UNISAT Université Audiovisuelle Francophone (FRA), Paris (FRA) : CNED, 1997. - vol. 1, réf. BV9C, p. 85-110. **Confidentiel**.

035 - Berthouly M., Michaux-Ferrière N. High frequency somatic embryogenesis in *Coffea canephora* : induction conditions and histological evolution. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (NDL), 1996. - vol. 44, p. 169-176.

036 - Bertrand B., Aguilar G., Bompard E., Rafinon A., Anthony F. Comportement agronomique et

résistance aux principaux déprédateurs des lignées de Sarchimor et Catimor (*Coffea arabica* L.) au Costa Rica. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/09-10. - vol. 4, n. 5, p. 312-321 (10 p.).

037 - Charrier A., Eskes A. Les caféiers. In : Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolas D. - L'amélioration des plantes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - p. 171-196.

038 - Dufour M., Anthony F., Bertrand B., Eskes A.B. Identification de caféiers mâle-stériles de *Coffea arabica* au CATIE, Costa Rica. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/11-12. - vol. 4, n. 6, p. 401-407.

039 - Etienne H., Solano W., Pereira A., Bertrand B., Berthouly M. Protocole d'acclimatation de plantules de caféiers produites *in vitro*. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/09-10. - vol. 4, n. 5, p. 304-311 (8 p.).

040 - Leroy T., Montagnon C., Cilas C., Yapo A., Charmetant P., Eskes A.B. Reciprocal recurrent selection applied to *Coffea canephora* Pierre. III. Genetic gains and results of first cycle intergroup crosses. Euphytica (NLD), 1997. - vol. 95, p. 347-354.

041 - Montagnon C., Bouharmont P. Multivariate analysis of phenotypic diversity of *Coffea arabica*. Genetic Ressources and Crop Evolution (NLD), 1996. - vol. 43, p. 221-227.

042 - Moschetto D., Montagnon C., Guyot B., Perriot J.J., Leroy T., Eskes A.B. Studies on the effect of genotype on cup quality of *Coffea canephora*. Tropical Science (GBR), 1996. - vol. 36, p. 18-31.

043 - Van Boxtel J., Berthouly M. High frequency somatic embryogenesis from coffee leaves. Factors influencing embryogenesis, and subsequent proliferation and regeneration in liquid medium. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (NLD), 1996. - vol. 44, p. 7-17.

044 - Van Boxtel J., Eskes A., Berthouly M. Glufosinate as an efficient inhibitor of callus proliferation in coffee tissue. In vitro Cellular and Development Biology - Plant (USA), 1997/01-03. - vol. 33, n. 1, p. 6-12.

Défense des cultures

045 - Dufour B., Calderon S., Bernadette L., Aragon F. Lutte biologique contre le scolyte des baies du caféier, en période de post-récolte : méthodes d'évaluation. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/03-04. - vol. 4, n. 2, p. 115-125.

Technologie

046 - Guyot B., Gueule D., Manez J.C., Perriot J.J., Giron J., Villain L. Influence of altitude and shade on the quality of coffee. Coffee Research Institute Newsletter (PNG), 1996. - n. 2, p. 3-5.

047 - Guyot B., Gueule D., Manez J.C., Perriot J.J., Giron J., Villain L. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés arabica. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/07-08. - vol. 3, n. 4, p. 272-283.

048 - Jacquet M. La fermentation du café. In : Bourgeois C.M. (ed.), Larpent J.P. (ed.). - Microbiologie alimentaire. Tome 2 : aliments fermentés et fermentations alimentaires. - 2. ed. Sciences et Techniques Agro-Alimentaires (FRA), Paris (FRA) : Technique et Documentation Lavoisier, 1996. - vol. 2, p. 287-298.

Voir aussi réf. 42.

Chimie

049 - Guyot B., Bosquette B., Pina M., Graille J. Esterification of phenolic acids from green coffee with an immobilized lipase from *Candida antarctica* in solvent-free medium. Biotechnology Letters (GBR), 1997/06. - vol. 19, n. 6, p. 529-532.

Economie, développement, sociologie

050 - Daviron B. Expectativas del mercado cafetalero internacional en una perspectiva de largo plazo. Boletín PROMECAFE (GTM), 1996/04-06. - n. 17, p. 14-18.

051 - Daviron B. Café. In : CIRAD. - Fiches produits n. 4. Mise à jour juillet 1996. Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996/07. - n. 28, p. 47-49.

052 - Daviron B. Café. In : CIRAD. - Fiches produits n. 5. Mise à jour juillet 1997. Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997/07. - n. 34, p. 45-47.

053 - Goud B., Moriaux-Sallée L., Sallée B. Le café de Coatepec. La dynamique d'un bassin caféier au Mexique. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - 197 p.

054 - Opile W., Jacquet M. Research / production : Eastern Africa coffee cooperation. In : APROMA. - Eastern Africa coffee cooperation : Progress reporting (Arusha, 27-28 august 1997). Draft report, Bruxelles (BEL) : APROMA, 1997/10. - 105 p.

Voir aussi réf. 26, 28.

Biométrie

Voir réf. 41.

Cocotier

Généralités

055 - Rognon F. Coconut research by CIRAD-CP. *In* : Thampan P.K. (ed.). - Coconut for prosperity. Peekay Books (IND), Cochin (IND) : Peekay Tree Crops Development Foundation, 1996. - p. 157-163.

Physiologie végétale - Nutrition minérale

056 - Bonneau X. Optimization of mineral nutrition in a coconut plantation taking an experimental approach *in situ*. Experimental Agriculture (GBR), 1996. - vol. 32, p. 405-418.

057 - Rajagopal V., Shivashankar S., Jacob Mathew. Influence de la sécheresse sur l'ontogénie des fruits du cocotier et sur le rendement. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/07-08. - vol. 3, n. 4, p. 251-258.

058 - Repellin A., Pham Thi A.T., Tashakoré A., Sahsah Y., Daniel C., Zuily Fodil Y. Leaf membrane lipids and drought tolerance in young coconut palms (*Cocos nucifera* L.). European Journal of Agronomy (FRA), 1997. - vol. 6, n. 1-2, p. 25-33.

059 - Rival A., Beulé T., Nato A., Lavergne D. Etude immunologique de la RubisCO chez le palmier à huile et le cocotier. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/11-12. - vol. 3, n. 6, p. 418-428.

060 - Triques K., Rival A., Beulé T., Dussert S., Hoher V., Verdeil J.L., Hamon S. Developmental changes in carboxylase activities in vitro cultured coconut zygotic embryos : comparison with corresponding activities in seedlings. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (NLD), 1997. - vol. 49, p. 227-231.

061 - Triques K., Rival A., Beulé T., Puard M., Roy J., Nato A., Lavergne D., Havaux M., Verdeil J.L., Sangaré A., Hamon S. Photosynthetic ability of *in vitro* grown coconut (*Cocos nucifera* L.) plantlets derived from zygotic embryos. Plant Science (IRL), 1997. - vol. 127, p. 39-51.

Phytotechnie

062 - Bonneau X., Boutin D., Bourgoing R., Sugariato J. Le chlorure de sodium, fertilisant idéal du cocotier en Indonésie. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/09-10. - vol. 4, n. 5, p.336-346 (11 p.).

063 - Zakra N., Ouvrier M., Sangaré A. Rationnement des fumures potassique et magnésienne du cocotier. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/05-06. - vol. 3, n. 3, p. 184-190.

Génétique - Amélioration des plantes

064 - Bourdeix R., Baudouin L., Labouisse J.P., Noiret J.M. Le cocotier. *In* : Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolas D. - L'amélioration des plantes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - p. 217-239.

065 - Magnaval C., Noirot M., Verdeil J.L., Blattes A., Huet C., Grosdemange F., Beulé T., Buffardmorel J. Specific nutritional requirements of coconut calli (*Cocos nucifera* L.) during somatic embryogenesis induction. Journal of Plant Physiology (DEU), 1997/06. - vol. 150, n. 6, p. 719-728.

066 - Santos G.A., Batugal P.A., Othman, A., Baudouin L., Labouisse J.P. Manual on standardized research techniques in coconut breeding. Rome (ITA) : IPGRI, 1996. - 80 p.

067 - Verdeil J.L., Assy Bah B., Bourdeix R., N'Cho Y.P., Hoher V., Buffard Morel J., Sangaré A. Le cocotier. *In* : Teisson C. (ed.). - Biotechnologies végétales. Intégration chez les plantes tropicales. UNISAT Université Audiovisuelle Francophone (FRA), Paris (FRA) : CNED, 1997. - vol. 1, réf. BV9C, p. 125-141. **Confidentiel**.

Défense des cultures

068 - Dery K.S., Philippe R., Mariau D. Les auchénorrhynches (homoptères), vecteurs supposés du jaunissement mortel du cocotier au Ghana. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/09-10. - vol. 3, n. 5, p. 355-362.

069 - Dollet M. Compte-rendu du groupe de travail sur les séquences de type viroïde du cocotier, Serdang (Malaisie), 21-23 avril 1997. Montpellier (FRA) : CIRAD-CP, 1997. - 17 p. **Confidentiel**

070 - Mariau D., Dery K.S., Sangaré A., N'Cho Y.P., Philippe R. Le jaunissement mortel du cocotier au Ghana et tolérance du matériel végétal. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/03-04. - vol. 3, n. 2, p. 105-112.

071 - Muller E., Dollet M. Molécules de type viroïde du cocotier. *In* : Rapport d'activités 1994-1995, Montpellier (FRA) : ORSTOM, 1996. - p. 15-16.

072 - Renard J.L. Etude des maladies à *Phytophthora* du cocotier : caractérisation des espèces impliquées; épidémiologie; stratégie de lutte. *In* : Risopoulos S. (ed). - Deuxième programme science et technique au service du développement. Sous-programme : agriculture tropicale et subtropicale. Projets de recherche 1987-1991. Vol.3 : résumés des rapports finaux, Wageningen (NLD) : CTA, 1996. - p. 105-108.

Technologie

073 - Rouzière A. Application du procédé de séchage-friture avant extraction de l'huile de coco. OCL (FRA), 1997/01-02. - vol. 4, n. 1, p. 32-35.

Economie, développement, sociologie

074 - Daviron B. L'huile de coprah dans le monde : une demande croissante, une production à relancer. Africa Palm (CIV), 1996/04-06. - n. 5, p. 5-6.

075 - Voituriez T. Huiles de palmiste et de coprah. *In* : Fiches produits n.4. Mise à jour juillet 1996. Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996/07. - n. 28, p. 55-57.

Hévéa

Généralités

076 - Eschbach J.M., Tran T.T.H. L'hévéaculture au Vietnam. Projet de développement de la région du centre. Agriculture et Développement (FRA), 1997. - n. 15 / Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones (FRA), 1997, n. 6, numéro commun : Spécial Vietnam, p. 199-204.

077 - Hébert A. (coord.), Ammar Khoja P., Serier J.B. Le caoutchouc naturel. Paris (FRA) : CIRAD, 1997/02. - 14 p.

078 - Rivano F., Soto S., Sanchez J. L'hévéaculture au Guatemala. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/11-12. - vol. 3, n. 6, p. 389-396.

Physiologie végétale - Nutrition minérale

079 - Amalou Z., Enjuto M., Grouzis J.P., Prévôt J.C., Jacob J.L., Grignon C., Gibrat R. Mg_2^+/H^+ antiport activity in solubilized and reconstituted protein fractions from *Hevea brasiliensis* lutoïd vacuole membrane. Plant Physiology and Biochemistry (FRA), 1997/05. - vol. 35, n. 5, p. 355-361.

080 - Gallois R., Prévôt J.C., Clément-Vidal A., Jacob J.L. Purification and characterization of an adenine phosphoribosyltransferase from rubber tree latex. Physiological implications. Plant Physiology and Biochemistry (FRA), 1996. - vol. 34, n. 4, p. 527-537.

081 - Gallois R., Prévôt J.C., Clément A., Jacob J.L. Purification and characterization of phosphoribosylpyrophosphate synthetase from rubber tree latex. Plant Physiology (USA), 1997. - n. 115, p. 847-852.

082 - Gohet E., Prévôt J.C., Eschbach J.M., Clément A., Jacob J.L. Clone, croissance et stimulation, facteurs de la production de latex. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/01-02. - vol. 3, n. 1, p. 30-38.

083 - Pujade-Renaud V., Perrot Rechenmann C., Chrestin H., Lacrotte R., Guern J. Characterization of a full-length cDNA clone encoding glutamine synthetase from rubber tree latex. Plant Physiology and Biochemistry (FRA), 1997. - vol. 35, n. 2, p. 85-93.

084 - Thaler P., Pagès L. Root apical diameter and root elongation rate of rubber seedlings (*Hevea brasiliensis*) show parallel responses to photoassimilate availability. Physiologia Plantarum (DNK), 1996. - vol. 97, p. 365-371.

085 - Thaler P., Pagès L. Competition within the root system of rubber seedlings (*Hevea brasiliensis*) studied by root pruning and blockage. Journal of Experimental Botany (GBR), 1997/07. - vol. 48, n. 312, p. 1451-1459.

Génétique - Amélioration des plantes

086 - Carron M.P., Dea B.G., Tison J., Leconte A., Kéli J. Croissance en champ de clones d'*Hevea brasiliensis* issus de culture *in vitro*. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/07-08. - vol. 4, n. 4, p. 264-273.

087 - Carron M.P., Seguin M., Besse P., Etienne H., Lardet L., Leconte A., Nicolas D. L'hévéa. In : Teisson C. (ed.). - Biotechnologies végétales. Intégration chez les plantes tropicales. UNISAT Université Audiovisuelle Francophone (FRA), Paris (FRA) : CNED, 1997. - vol. 2, réf. BV9D, p. 31-48. **Confidentiel.**

088 - Clément-Demange A., Legnaté H., Seguin M., Carron M.P., Le Guen V., Chapuset T., Nicolas D. L'hévéa. In : Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolas D. - L'amélioration des plantes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - p. 357-383.

089 - Engelmann F., Lartaud M., Chabrillange N., Carron M.P., Etienne H. Cryopreservation of embryogenic calluses of two commercial clones of *Hevea brasiliensis*. Cryo Letters (GBR), 1997. - vol. 18, p. 107-116.

090 - Etienne H., Lartaud M., Carron M.P., Michaux-Ferrière N. Use of calcium to optimize long-term proliferation of friable embryogenic calluses and plant regeneration in *Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.). Journal of Experimental Botany (GBR), 1997/01. - vol. 48, n. 306, p. 129-137.

091 - Etienne H., Lartaud M., Michaux-Ferrière N., Carron M.P., Berthouly M., Teisson C. Improvement of somatic embryogenesis in *Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.) using the temporary immersion technique. In vitro Cellular and Development Biology - Plant (USA), 1997/04-06. - vol. 33, n. 2, p. 81-87.

092 - Perrin Y., Doumas P., Lardet L., Carron M.P. Endogenous cytokinins as biochemical markers of rubber-tree (*Hevea brasiliensis*) clone rejuvenation. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (NLD), 1997. - vol. 47, p. 239-245.

093 - Obouayeba S., Boa D., Jacob J.L. Les performances du clone d'hévéa PB 217 en Côte d'Ivoire. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/09-10. - vol. 3, n. 5, p. 346-354.

094 - Seguin M., Besse P., Lespinasse D., Lebrun P., Rodier-Goud M., Nicolas D. Génétique moléculaire de l'hévéa. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/03-04. - vol. 3, n. 2, p. 77-88.

Défense des cultures

095 - Bagnall Oakeley H., Conroy C., Faiz A., Gunawan A., Gouyon A., Penot E., Liangsutthissagon S., Nguyen H.D., Anwar C. Imperata management strategies used in smallholder rubber-based farming systems. Agroforestry Systems (NLD), 1997. - vol. 36, n. 1-3, p. 83-104.

096 - Breton F., Garcia D., Sanier C., Eschbach J.M., D'Auzac J. L'interaction entre *Corynespora cassiicola* et *Hevea brasiliensis*. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/09-10. - vol. 4, n. 5, p. 322-335 (11 p.).

097 - Guyot J. *Armillaria* spp., pourridié de l'hévéa en Afrique centrale : le cas du Gabon. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/11-12. - vol. 4, n. 6, p. 408-415.

098 - Louanchi M., Robin P., Michels T., Balesdent M.H., Despréaux D. In vitro characterization and in vivo detection of *Rigidoporus lignosus* the causal agent of white root disease in *Hevea brasiliensis* by ELISA techniques. European Journal of Plant Pathology (NLD), 1996. - vol. 102, p. 33-44.

099 - Rivano F. La maladie sud-américaine des feuilles de l'hévéa. I. Variabilité du pouvoir pathogène de *Microcyclus ulei*. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/03-04. - vol. 4, n. 2, p. 104-114.

100 - Rivano F. La maladie sud-américaine des feuilles de l'hévéa. 2. Evaluation précoce de la résistance des clones. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/05-06. - vol. 4, n. 3, p. 187-196.

101 - Tran Van Canh. Lutte contre le pourridié blanc (*Fomes*) de l'hévéa. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/07-08. - vol. 3, n. 4, p. 245-250. - Publié aussi dans "Afrique Agriculture (FRA), 1997/05. - n. 248, p. 72-73."

Technologie

102 - Rondet M. L'attitude du manufacturier français face à la qualité. Revue Générale des Caoutchoucs et Plastiques (FRA), 1997/05. - vol. 74, n. 759, p. 60-62.

103 - Rondet M. Les quatre époques de la qualification du caoutchouc naturel. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/07-08. - vol. 4, n. 4, p. 236-241 (4 p.).

Economie, développement, sociologie

104 - Daviron B. Caoutchouc naturel. In : Fiche produits n. 4. Mise à jour juillet 1996. Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996/07. - n. 28, p. 51-53.

105 - Daviron B. Caoutchouc naturel. In : Fiche produits n. 5. Mise à jour juillet 1997. Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997/07. - n. 34, p. 49-51.

106 - De Livonnière H. Quel avenir pour le caoutchouc naturel ? Marchés Tropicaux et Méditerranéens (FRA), 1997/05/30. - vol. 52, n. 2690, p. 1204.

107 - Gouyon A. Ecological and socio-economic conditions of rubber agroforestry in the dipterocarp ecosystems of Indonesia. In : Schulte A. (ed.), Schoene D. (ed.). - Dipterocarp forest ecosystems. Towards sustainable management, London (GBR) : World Scientific, 1996. - p. 369-388.

108 - Penot E. Improving productivity in Indonesian rubber based agroforestry systems. Rubber Agroforestry Systems (RAS) as a challenge for the improvement of rubber productivity for smallholder rubber based systems through sustainability, biodiversity and environment. Introduction to and financial analysis of RAS systems. Bogor (IDN) : ICRAF, 1996/02. - 19 p. - Existe aussi en indonésien.

109 - Penot E. Project main features. Improving productivity of Indonesian rubber based agroforestry systems. Rubber Agroforestry Systems (RAS) as a challenge for the improvement of rubber productivity for smallholder through sustainability, biodiversity and environment. Introduction to Rubber Agroforestry Systems (RAS) in Indonesia. Bogor (IDN) : ICRAF, 1996/06. - 28 p.

110 - Penot E. Improved jungle rubber systems. *In* : Ruf F. (ed.), Lançon F. (ed.). - Indonesia upland agricultural technology study. Phase II. Report, Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997/02. - p. 171-184.

111 - Penot E., Wibawa G. SRAP workshop on rubber agroforestry system in Indonesia. 1997/09/29-30, Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF, 1997/09. - 250 p.

Autres

112 - Muguerza J., Capo C., Porri F., Jacob J.L., Mege J.L., Vervloet D. Latex allergy : allergen identification in *Hevea brasiliensis* fractions by immunoblotting. *Clinical and Experimental Allergy* (GBR), 1996. - vol. 26, p. 1177-1181.

Palmier à huile

Généralités

113 - CIRAD-CP. Montpellier (FRA). La replantation des palmeraies industrielles en Afrique. Afrique Agriculture (FRA), 1997/01. - n. 244, p. 66-67.

114 - Chaillard H., Tailliez B. Le palmier à huile en Amazonie brésilienne. In : Théry H. (ed.). - Environnement et développement en Amazonie brésilienne, Paris (FRA) : Belin, 1997. - p. 138-149.

115 - Dollet M., Duval Y., Mariau D., Pioch D., Rouzière A., Tailliez B. Le PIPOC 1996 : compétitivité de l'huile de palme pour le XXème siècle. OCL (FRA), 1996/11-12. - vol. 3, n. 6, p. 398-402.

116 - Jacquemard J.C. Le palmier à huile en bref. Africa Palm (CIV), 1996/01-03. - n. 4, p. 3-5.

Voir aussi réf. 145, 146.

Physiologie végétale - Nutrition minérale

117 - Jourdan C., Rey H. Architecture racinaire du palmier à huile : modélisation et simulation. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/09-10. - vol. 3, n. 5, p. 313-327.

118 - Jourdan C., Rey H. Architecture and development of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. Plant and Soil (NLD), 1997. - vol. 189, p. 33-48.

119 - Jourdan C., Rey H. Modelling and simulation of the architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. I. The model. Plant and Soil (NLD), 1997. - vol. 190, n. 2, p. 217-233.

120 - Jourdan C., Rey H. Modelling and simulation of the architecture and development of the oil-palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system. II. Estimation of root parameters using the RACINES postprocessor. Plant and Soil (NLD), 1997. - vol. 190, n. 2, p. 235-246.

121 - Lamade E. Palmier à huile : mesures de la photosynthèse et de la respiration. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/01-02. - vol. 3, n. 1, p. 23-29.

122 - Lamade E. Mesure de la respiration du sol. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/05-06. - vol. 3, n. 3, p. 179-183.

123 - Lamade E., Djegui N., Leterme P. Estimation of carbon allocation to the roots from soil respiration measurements of oil palm. Plant and Soil (NLD), 1996. - vol. 181, p. 329-339.

124 - Lamade E., Setiyo E. Variations de la photosynthèse maximale du palmier à huile en Indonésie : comparaison de trois clones à morphologie contrastée. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1996/11-12. - vol. 3, n. 6, p. 429-438.

125 - Lamade E. Effect of ablation and pruning on growth and yield of oil palm. Application in modelling carbon sink and source relations on architectural bases. Experimental design and schedule. Montpellier (FRA) : CIRAD-CP, 1997. - 26 p.

126 - Lamade E. Méthode rapide de mesure de l'indice foliaire du palmier à huile. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/11-12. - vol. 4, n. 6, p. 385-389.

127 - Quencez P. La culture du palmier à huile en Afrique intertropicale : les conditions du milieu physique. OCL (FRA), 1996/03-04. - vol. 3, n. 2, p. 116-118.

Voir aussi réf. 59.

Phytotechnie

128 - Rodrigues M.R.L., Malavolta E., Chaillard H. La fumure du palmier à huile en Amazonie centrale brésilienne. Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/11-12. - vol. 4, n. 6, p. 392-398.

Voir aussi réf. 136.

Génétique - Amélioration des plantes

129 - Jacquemard J.C., Baudouin L., Noiret J.M. Le palmier à huile. In : Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolas D. - L'amélioration des plantes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - p. 507-532.

130 - Morcillo F., Aberlenc Bertossi F., Trouslot P., Hamon S., Duval Y. Characterization of 2S and 7S storage proteins in embryos of oil palm. *Plant Science* (IRL), 1997/02/28. - vol. 122, n. 2, p. 141-151.

131 - Rival A., Bernard F., Mathieu Y. Changes in peroxidase activity during *in vitro* rooting of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Scientia Horticulturae* (NLD), 1997. - vol. 71, p. 103-112.

132 - Rival A., Beule T., Barré P., Hamon S., Duval Y. Comparative flow cytometric estimation of nuclear DNA content in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) tissue cultures and seed-derived plants. *Plant Cell Reports* (NLD), 1997/02. - vol. 16, p. 884-887.

133 - Rival A., Beulé T., Lavergne D., Nato A., Havaux M., Puard M. Development of photosynthetic characteristics in oil palm during *in vitro* micropropagation. *Journal of Plant Physiology* (DEU), 1997. - vol. 150, n. 5, p. 520-527.

134 - Rival A., Durand-Gasselin T., Konan E.K., Duval Y. Le palmier à huile. In : Teisson C. (ed.). - *Biotechnologies végétales. Intégration chez les plantes tropicales*. UNISAT Université Audiovisuelle Francophone (FRA), Paris (FRA) : CNED, 1997. - vol. 2, réf. BV9D, p. 79-102. **Confidentiel**.

135 - Rival A., Aberlenc F., Morcillo F., Tregear J., Verdeil J.L., Duval Y. Scaling-up *in vitro* clonal propagation through somatic embryogenesis : the case of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Plant Tissue Culture and Biotechnology* (ISR), 1997/06. - vol. 3, n. 2, p. 74-82.

Défense des cultures

136 - Abadie C., De Franqueville H., Renard J.L., Alabouvette C. Influence de quelques techniques culturales sur la gravité de la fusariose du palmier à huile. *Plantations, Recherche, Développement* (FRA), 1996/07-08. - vol. 3, n. 4, p. 259-271.

137 - Mariau D. Rôle des parasitoïdes dans le contrôle des défoliateurs du palmier à huile. *Plantations, Recherche, Développement* (FRA), 1997/09-10. - vol. 4, n. 5, p. 297-303 (7 p.).

138 - Morin J.P., Zagatti P., Rochat D., Descoins D., Mariau D. Les phéromones d'insectes ravageurs des palmiers : recherches en cours et perspectives. *Plantations, Recherche, Développement* (FRA), 1997/03-04. - vol. 4, n. 2, p. 91-103.

139 - Mouyna I., Renard J.L., Brygoo Y. DNA polymorphism among *Fusarium oxysporum* f. sp.

elaeidis populations from oil palm, using a repeated and dispersed sequence "Palm". *Current Genetics* (DEU), 1996. - vol. 30, n. 2, p. 174-180.

140 - Renard J.L. Etudes cytologiques et biochimiques des mécanismes de défense du palmier à huile vis-à-vis du *Fusarium oxysporum* f. sm *elaeidis*. Application aux critères de sélection. In : Risopoulos S. (ed.). - *Deuxième programme science et technique au service du développement. Sous-programme : agriculture tropicale et subtropicale. Projets de recherche 1987-1991. Vol.3 : résumés des rapports finaux*, Wageningen (NLD) : CTA, 1996. - p. 91-93.

Technologie

141 - Graille J., Pina M., Noël J.M., Rouzière A. Procédé d'extraction d'huile de palmier et huile ainsi extraite. CIRAD, FLOTTWEG, brevet français FR96-07992 ; dépôt du 27/06/96. - Document non édité.

142 - Noël J.M., Ecker P., Rouzière A., Graille J., Pina M. Drupalm : nouveau procédé pour les huileries de palme. 1. Description. *Plantations, Recherche, Développement* (FRA), 1997/05-06. - vol. 4, n. 3, p. 175-186 (5 p.).

143 - Noël J.M., Ecker P., Rouzière A., Graille J., Pina M. Drupalm : nouveau procédé pour les huileries de palme. 2. Résultats. *Plantations, Recherche, Développement* (FRA), 1997/05-06. - vol. 4, n. 4, p. 242-255 (5 p.).

144 - Noël J.M., Rouzière A., Graille J., Pina M. Procédé DRUPALM : du nouveau pour les huileries de palme. OCL (FRA), 1997/01-02. - vol. 4, n. 1, p. 38-42.

Economie, développement, sociologie

145 - Djegui N., Daniel C. Le développement du palmier à huile au Bénin : une approche spécifique. OCL (FRA), 1996/03-04. - vol. 3, n. 2, p. 125-129.

146 - Tailliez B. Le développement du palmier à huile en Côte d'Ivoire avec Sodepalm/Palminindustrie. OCL (FRA), 1996/03-04. - vol. 3, n. 2, p. 119-124.

147 - Voituriez T. Huile de palme. In : *Fiches produits n.4. Mise à jour juillet 1996. Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières* (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996/07. - n. 28, p. 59-61.

148 - Voituriez T. Les substitutions entre huiles végétales. *Plantations, Recherche, Développement* (FRA), 1996/07-08. - vol. 3, n. 4, p. 238-244.

149 - Voituriez T. Les perspectives de production d'huile de palme en Asie. OCL (FRA), 1996/11-12. - vol. 3, n. 6, p. 422-425.

150 - Voituriez T. Huile de palme. *In* : Chalmin P., Kieffer G.A., De Perthuis C. - Cyclope 1997. Les marchés mondiaux, Paris (FRA) : Economica, 1997. - p. 336-338.

151 - Voituriez T. Huile de palme. *In* : Fiche produits n. 5. Mise à jour juillet 1997. Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997/07. - n. 34, p. 57-59.

Voir aussi réf. 75.

Autres

Généralités

152 - Fabre P., Bonnet P., Despréaux D., Freud C., Lassoudière A., Raoult-Wack A.L. Le concept de filière : un outil pour la recherche. Notes et Documents - CIRAD (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - n. 24, 28 p.

Génétique - Amélioration des plantes

153 - Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolas D. L'amélioration des plantes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - 623 p.

154 - Escalant J.V., Dufour M., Rabot B. Plant genetic engineering in CATIE. In : CATIE. Unidad de biotecnología. Informe bianual 1994-1995, Turrialba (CRI) : CATIE, 1996 - 2 p.

Défense des cultures

155 - CIRAD-CP, ORSTOM, LPRC. Rapport d'activités 1994-1995. Montpellier (FRA) : ORSTOM, 1996. - 55 p.

156 - Arbonnier M., Philippe R. Insecticides à action biologique. In : Mariau D. (ed.). - Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 63-72.

157 - Beaudoin L., Allais J.P., Géri C. Enzymatic polymorphism in natural populations of the sawfly *Diprion pini* L. (Hymenoptera : Diprionidae). Annales des Sciences Forestières (FRA), 1997. - n. 54, p. 505-511.

158 - Dollet M., Vezian K. Variabilité du clump de l'arachide (PCV). In : Rapport d'activités 1994-1995, Montpellier (FRA) : ORSTOM, 1996. - p. 23-25.

159 - Dollet M., Muller E., Gargani D., Vezian K. Vection des trypanosomes de plantes. In : Rapport d'activités 1994-1995, Montpellier (FRA) : ORSTOM, 1996. - p. 31-32.

160 - Dollet M., Marche S., Gargani D., Muller E., Baltz T. Virus of plant trypanosomes (*Phytomonas* spp.). In : Nicole M. (ed.), Gianinazzi Pearson V. (ed.). - Histology, ultrastructure and molecular cytology of plant-microorganism interactions,

Dordrecht (NLD) : Kluwer Academic, 1996. - p. 227-236.

161 - Fernandez Becerra C., Osuna A., Muller E., Dollet M., Sanchez Moreno M. Characterization of *Phytomonas* isolated from fruits by electrophoretic isoenzymes and kinetoplast-DNA analysis. FEMS Microbiology Letters (GBR), 1996. - vol. 145, p. 463-468

162 - Mariau D. Etude d'une méthode de lutte biologique contre *Chromolaena odorata*, importante adventice en Afrique et en Asie du Sud-Est. In : Risopoulos S. (ed.). - Deuxième programme science et technique au service du développement. Sous-programme : agriculture tropicale et subtropicale. Projets de recherche 1987-1991. Vol.3 : résumés des rapports finaux, Wageningen (NLD) : CTA, 1996. - p. 70-76.

163 - Mariau D. (ed.) Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - 202 p.

164 - Mariau D., Decazy B., Quilici S., Nguyen Ban J. Insectes utiles. In : Mariau D. (ed.). - Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 73-112.

165 - Mariau D., Mallet B. Techniques culturales. In : Mariau D. (ed.). - Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 133-144.

166 - Mariau D., Decazy B., Nguyen Ban J. Matériel végétal tolérant. In : Mariau D. (ed.). - Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 165-181.

167 - Morin J.P., Mariau D., Quilici S. Méthodes de piégeage. In : Mariau D. (ed.). - Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 145-163.

168 - Morin J.P., Rochat D., Malosse C., Lettere M., Desmier De Chenon R., Wibwo H., Descoins C. Le 4-méthyl-octanoate d'éthyle, composant principal de la phéromone mâle de *Oryctes rhinoceros* (L.) (Coleoptera, Dynastidae). Comptes Rendus des

Séances de l'Académie des Sciences. Série 3 : Sciences de la Vie (FRA), 1996. - vol. 319, n. 7, p. 595-602.

169 - Muller E., Gargani D., Dollet M. Variabilité des trypanosomes de plantes. *In* : Rapport d'activités 1994-1995, Montpellier (FRA) : ORSTOM, 1996. - p. 26-30.

170 - Muller E., Gargani D., Banuls A.L., Tibayrenc M., Dollet M. Classification of plant trypanosomatids (*Phytomonas* spp.) : parity between random-primer DNA typing and multilocus enzyme electrophoresis. *Parasitology* (GBR), 1997. - vol. 115, p. 403-409.

171 - Philippe R., Mariau D., Decazy B., Quilici S., Nguyen Ban J. Lutte chimique raisonnée. *In* : Mariau D. (ed.). - Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 21-61.

172 - Philippe R., Mariau D. Organismes entomopathogènes. *In* : Mariau D. (ed.). - Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. Repères (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 113-132.

Technologie

173 - Graille J. Evolutions technologiques et corps gras. *OCL* (FRA), 1997/01-02. - vol. 4, n. 1, p. 30-31.

174 - Graille J. Les enzymes en lipotechnie. *In* : Larreta-Garde V. (coord.). - Enzymes en agroalimentaire. Sciences et Techniques Agro-Alimentaires (FRA), Paris (FRA) : Technique et Documentation Lavoisier, 1997. - p. 246-257.

175 - Parmentier M., Graille J., Cot L. Programme "Aliment demain 1994". Interactions et organisation moléculaires dans les milieux hydrophobes. Application à l'optimisation d'un procédé membranaire de fractionnement des matières grasses en milieu hydrophobe. Vandoeuvre-les-Nancy (FRA) : INPL, 1997. - 320 p.

176 - Pioch D. Raffinage par les techniques membranaires. *OCL* (FRA), 1997/01-02. - vol. 4, n. 1, p. 51-54.

Chimie

177 - Lozano P., Chirat N., Graille J., Pioch D. Measurement of free glycerol in biofuels. *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* (DEU), 1996. - n. 354, p. 319-322.

178 - Perrier E., Huc A., Antoni D., Roussel C., Pina M., Graille J. Complexes amphiphiles, procédé pour leur préparation et compositions en renfermant. Paris (FRA) : INPI, 1997/04/18. - 28 p. - Brevet français FR 2739860 - A1. Dépôt du 17/10/95, n. FR9512137.

179 - Perrier E., Huc A., Antoni D., Roussel C., Pina M., Graille J. Complexes amphiphiles, procédé pour leur préparation et compositions en renfermant. Genève (CHE) : OMPI, 1997/04/24. - 35 p. - WO 9714713 - A1. Dépôt du 16/10/96, n. PCT/FR9601620.

180 - Redmann I., Pina M., Guyot B., Blaise P., Farines M., Graille J. Chemoenzymatic synthesis of glucose fatty esters. *Carbohydrate Research* (NLD), 1997/05/12. - vol. 300, n. 2, p. 103-108.

181 - Roussel C., Pina M., Graille J., Huc A., Perrier E. Lipophilisation des protéines biocatalysées par des lipases : cas des isolats de protéines de soja. *OCL* (FRA), 1997/07-08. - vol. 4, n. 4, p. 284-289.

182 - Villeneuve P., Pina M., Graille J. Determination of pregastric lipase specificity in young ruminants. *Chemistry and Physics of Lipids* (IRL), 1996/09/30. - vol. 83, n. 2, p. 161-168.

183 - Villeneuve P., Pina M., Graille J. Mise en évidence des sélectivités des lipases en interestérification à l'aide d'un triglycéride chiral modèle. *OCL* (FRA), 1996/11-12. - vol. 3, n. 6, p. 459-464.

184 - Villeneuve P., Pina M., Skarbek A., Graille J., Foglia T.A. Specificity of *Carica papaya* latex in lipase-catalyzed interesterification reactions. *Biotechnology Techniques* (GBR), 1997/02. - vol. 11, n. 2, p. 91-94.

185 - Villeneuve P., Foglia T.A. Lipase specificities : potential application in lipid bioconversions. *Inform* (USA), 1997/06. - vol. 8, n. 6, p. 640-650.

186 - Villeneuve P., Skarbek A., Pina M., Graille J., Foglia T.A. Catalytic behavior of *Carica papaya* latex in transesterification reactions. *Biotechnology Techniques* (GBR), 1997/09. - vol. 11, n. 9, p. 637-639.

Economie, développement, sociologie

187 - Bosc P.M., Karsenty A., Lavigne Delville P., Lhoste P., Oswald M., Petithuguenin P., Quencez P., Torquebiau E. Propositions : apporter des réponses adaptées. *In* : Losch B. (ed.), De Fina C. (ed.), Devèze J.C. (ed.); Groupe de Travail Inter-Réseaux. - Les

- agricultures des zones tropicales humides : éléments de réflexion pour l'action. Rapports d'Etude, Paris (FRA) : Ministère de la Coopération, 1996. - p. 205-249.
- 188 - Chominot A., Daviron B., Griffon M. La globalisation des économies agricoles et alimentaires. *In* : Alimentation et agriculture durables. Aménagement et Nature (FRA), 1996/09. - n. 123, p. 15-26.
- 189 - Daviron B. Produits tropicaux. *In* : Chalmin P., Kieffer G.A., De Perthuis C. - Cyclope 1996. Les marchés mondiaux, Paris (FRA) : Economica, 1996. - p. 54-57.
- 190 - Freud C., Hanak Freud E., Richard J., Thénevin P. La crise de l'arachide au Sénégal. OCL (FRA), 1997/01-02. - vol. 4, n. 1, p. 26-28.
- 191 - Freud C., Hanak Freud E., Richard J., Thénevin P. La crise de l'arachide au Sénégal (suite). OCL (FRA), 1997/05-06. - vol. 4, n. 3, p. 162-164.
- 192 - Freud C., Hanak Freud E., Richard J., Thénevin P. La crise de l'arachide au Sénégal : un bilan-diagnostic. Bruxelles (BEL) : CEE, 1997/01. - 155 p.
- 193 - Freud C., Hanak Freud E., Richard J., Thénevin P. L'arachide au Sénégal : un moteur en panne. Economie et Développement (FRA), Paris (FRA) : Karthala - CIRAD, 1997. - 168 p.
- 194 - Guillaumont P., Collier P., Guillaumont Jeanneney S., Gunning J., Araujo Bonjeau C., Buis M., Calipel S., Chambas G., Combes J.L., Daviron B., Laporte B., Monier P. Evaluation globale du Stabex. Vol. 1 : Rapport intermédiaire (1ère phase). Vol. 2 : Rapport provisoire de phase II : suggestions pour le futur du Stabex. Vol. 3 : Document annexe : simulation des chutes de recettes d'exportations pour chacun des pays ACP de 1988 à 1996 pour différents types de flux et selon différentes méthodes. s.l. : s.n., 1997. - 3 volumes, 530 p.
- 195 - ICRAF, ORSTOM, CIRAD-CP, Ford Foundation. Agroforests. Examples from Indonesia. Creating profitable and sustainable multi-purpose forests in the agricultural lands of the humid tropics. Bogor (IDN) : ICRAF, 1996 - 16 p.
- 196 - Voituriez T. Huiles lauriques. *In* : Fiche produits n. 5. Mise à jour juillet 1997. Observatoire des marchés internationaux. Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997/07. - n. 34, p. 53-55.
- 197 - Voituriez T., De Nuce De Lamothe M. L'avenir contrasté du marché des huiles lauriques. OCL (FRA), 1997/05-06. - vol. 4, n. 5, p. 320-323. Publié aussi dans "Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/11-12. - vol. 4, n. 6, p. 378-382."

COMMUNICATIONS AUX CONGRÈS TENUS EN 1996 ET 1997

Cacao

Généralités

198 - Montoya W., Roche G. La qualité du cacaoyer en Equateur de 1996 à l'an 2000. *In* : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 8.

Physiologie végétale - Nutrition minérale

199 - Colas H., Mouchet S., Rey H. Transpiration du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) : comparaison entre une culture pure et une culture associée sous cocotier (*Cocos nucifera* L.). *In* : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 77.

Phytotechnie

200 - Mialet I., Mouchet S., Bonneau X., Kitu W.T. Comparaison de critères agronomiques de croissance et de production du cacaoyer en association avec le cocotier. *In* : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 15.

Génétique - Amélioration des plantes

201 - Berthouly M., Alemanno L., De Sartiges A., Etienne H., Michaux-Ferrière N. Embryogenèse somatique de *Theobroma cacao*. *In* : Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producer's Alliance. - 14 p. - Document non édité.

202 - Cilas C., Berry D., Paulin D., N'Goran J.A.K., Djiekpor E.K. La résistance à la pourriture brune des cabosses au Cameroun, en Côte d'Ivoire et au Togo. Bilan d'évaluation au champ. *In* : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 12.

203 - Cilas C., Paulin D., Clément D., Baradat P. Sélection multi-critères dans un plan factoriel de croisements en Côte d'Ivoire. Définition d'un index de sélection. *In* : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 75.

204 - Clément D., N'Goran J.A.K., Paulin D., Lachenaud P., Sounigo O., Eskes A.B. Amélioration génétique du cacaoyer en Côte d'Ivoire : nouvelle sortie variétale. *In* : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 16.

205 - Ducamp M., Spence J. Clones de cacaoyer. *In* : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 9.

206 - Efron Y., Faure M., Saul J., Blaha G. Disease resistance studies and breeding in Papua New Guinea. *In* : International workshop on the contribution of disease resistance to cocoa variety improvement; 1996/11/25-26; Bahia (BRA). (GBR) : INGENIC, 1996. - p. 22. - Document provisoire.

207 - Lanaud C., Risterucci A.M., N'Goran J.A.K., Clément D., Flament M.H., Laurent V. A genetic linkage map of *Theobroma cacao* L. based on isozymes, RFLPs, and RAPDs markers. *In* : EUCARPIA. - Réunion sur les plantes tropicales; 1996/03/11-15; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 268.

208 - Lanaud C., Kebé I., Risterucci A.M., N'Goran J.A.K., Grivet L., Tahi M., Cilas C., Pieretti I., Eskes A., Despréaux D. Traçage d'une carte des loci de caractères quantitatifs (LCQ) pour la résistance de *T. cacao* à *Phytophthora palmivora*. *In* : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 18.

209 - Lanaud C., Kebé I., Risterucci A.M., N'Goran J.A.K., Grivet L., Tahi M., Cilas C., Pieretti I., Eskes A., Despréaux D. Mapping quantitative trait loci (QTLs) for resistance to *Phytophthora palmivora* in *T. cacao*. In : Heller S.R. (ed.). - Fifth International conference on the status of plant and animal genome research; 1997/01/12-16; San Diego (USA). Washington (USA) : USDA, 1997. - p. 137.

210 - N'Goran J.A.K., Clément D., Paulin D., Eskes A.B. Etude de quelques géniteurs de cacaoyers pour des caractères végétatifs et agronomiques. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 88.

211 - N'Goran J.A.K., Kebé I., Tahi M., Paulin D., Clément D., Eskes A.B. Pathology and breeding research on resistance to black pod in Côte d'Ivoire. In : International workshop on the contribution of disease resistance to cocoa variety improvement; 1996/11/25-26; Bahia (BRA). (GBR) : INGENIC, 1996. - p. 32-33. - Document provisoire.

212 - Paulin D., Laurent V., N'Goran J.A.K., Risterucci A.M., Lachenaud P., Lanaud C. Use of morphological, isoenzyme and molecular markers in the study of cocoa (*Theobroma cacao*) diversity. In : EUCARPIA. - Réunion sur les plantes tropicales; 1996/03/11-15; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 269-270.

213 - Paulin D., Clément D., N'Goran J.A.K., Eskes A.B. Premiers résultats de la sélection de tête de clones dans les descendances hybrides de Côte d'Ivoire. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 91.

214 - Sounigo O., Coulibaly N., Brun L., N'Goran J.A.K., Cilas C., Eskes A.B. Etude de la sensibilité aux mirides dans des essais de descendances de cacaoyers de Côte d'Ivoire. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 13.

Voir aussi réf. 221, 222, 223, 224.

Défense des cultures

215 - Blaha G. Expérience en Papouasie-Nouvelle-Guinée (PNG) sur les maladies du cacaoyer : gestion des traitements chimiques et recherche de plantes résistances. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 141.

216 - Blaha G. Principales caractéristiques de la pourriture brune des cabosses à *Phytophthora* et succès de la lutte intégrée contre la maladie. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 152.

217 - Coulibaly N., N'Guessan F.K., Decazy B., Medus D., Aidara S., Coulibaly A. Efficacité du Fumivap : une nouvelle technique d'application des produits chimiques dans la lutte contre les mirides du cacaoyer en Côte d'Ivoire. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 33.

218 - Cros E., Bastide P., Nguyen Ban J., Armengaud P. Sensibilité du cacaoyer aux mirides : recherche de marqueurs biochimiques. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 10.

219 - Ducamp M. Contrôle phytosanitaire du balai de sorcière au niveau des fèves et des plantules de cacaoyer. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 14.

220 - Nguyen Ban J., Gaussares I. Relation entre la structure anatomique des branchettes et la tolérance du cacaoyer aux mirides. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 74.

221 - Nyassé S., Cilas C., Flament M.H., Bidzanga Nomo L., Berry D., Despréaux D. Mise au point des méthodes d'évaluation de la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à *Phytophthora megakarya*. In : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 76.

222 - Nyassé S., Bidzanga Nomo L., Blaha G., Berry D., Cilas C., Despréaux D. Update of the work on resistance of cocoa to *Phytophthora megakarya* in Cameroon. *In* : International workshop on the contribution of disease resistance to cocoa variety improvement; 1996/11/25-26; Bahia (BRA). (GBR) : INGENIC, 1996. - p. 16-17 - Document provisoire.

223 - Nyassé S., Risterucci A.M., Grivet L., Blaha G., Berry D., Lanaud C., Despréaux D. Etude de la diversité génétique de *Phytophthora megakarya* par isozymes et RAPD. *In* : Séminaire Gestion raisonnée des résistances des plantes aux pathogènes; 1997/09/11-12; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - 7 p. : 4 ill.

224 - Quiroz J., Decazy B. Studies on resistance to witches broom and survey of resistant genotypes of Nacional Cocoa in Ecuador. *In* : International workshop on the contribution of disease resistance to cocoa variety improvement; 1996/11/25-26; Bahia (BRA). (GBR) : INGENIC, 1996. - p. 37. - Document provisoire.

Voir aussi réf. 202, 206, 208, 209, 211, 214.

Technologie

225 - Chanliau S., Cros E. Influence du traitement post-récolte et de la torréfaction sur le développement de l'arôme cacao. Premiers essais de caractérisation des composés odorants. *In* : Résumés. Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador (BRA). Lagos (NGA) : Cocoa Producers' Alliance, 1996. - p. 11.

Economie, développement, sociologie

226 - Hanak Freud E., Freud C. Devaluation and liberalization as tools for enhancing competitiveness? Some insights from the recent West African experience in cocoa marketing. *In* : Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador de Bahia (BRA). Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996/11. - n. 29, 11 p. - Communication présentée au congrès en français.

227 - Hanak Freud E., Petithuguenin P., Richard J. Innovation in West African smallholder cocoa : some conventional and nonconventional measures of success. *In* : Food Security and Innovations : Success and Lessons Learned; 1996/03/11-13; Stuttgart (DEU). Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996/01. - n. 26, 19 p.

228 - Hanak Freud E., Petithuguenin P., Richard J. The diffusion and impact of cocoa research themes in Ghana and Côte d'Ivoire. *In* : Douzième conférence internationale sur la recherche cacaoyère; 1996/11/17-23; Salvador de Bahia (BRA). Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997 - n. 31, 17 p.

Biométrie

Voir réf. 202, 203, 221.

Café

Généralités

229 - Koinange E.M.K., Charmetant P. Coffee research in Tanzania. *In* : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 387-390.

Physiologie végétale - Nutrition minérale

230 - Vaast P. Etude des effets du pH, de la température et de la disponibilité en NH_4^+ et NO_3^- sur la capacité d'absorption racinaire d'un caféier Arabica, dans le but d'optimiser sa nutrition azotée. *In* : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 704-707.

231 - Vaast P. Intérêt de l'endomycorhization du caféier Arabica pour la lutte contre les nématodes (*Pratylenchus coffeae* et *Meloidogyne konaensis*). *In* : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 564-571.

Phytotechnie

232 - Ngoran K., Jadin P. Influence des engrais sur la fourniture des formes d'azote par le sol. *In* : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 572-580.

Génétique - Amélioration des plantes

233 - Agwanda C.O., Baradat P., Cilas C., Charrier A. Genotype \times environment interaction and its implications on selection for improved quality in Arabica coffee (*Coffea arabica* L.). *In* : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 424-429.

234 - Berthouly M. Biotecnologias y tecnicas de reproduccion de materiales promisorios en *Coffea arabica*. *In* : XVIII Simposio latinoamericano de caficultura. Memorias; 1997/09/16-18; San Jose (CRI). Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Tecnicos (CRI), San Jose (CRI) : IICA-PROMECAFE, 1997. - n. A1/SC-97-05, p. 25-49.

235 - Bertrand B., Aguilar G., Anthony F., Etienne H., Santacreo R. Comparacion de hibridos F1 con variedades de *Coffea arabica*. *In* : XVIII Simposio latinoamericano de caficultura. Memorias; 1997/09/16-18; San Jose (CRI). Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Tecnicos (CRI), San Jose (CRI) : IICA-PROMECAFE, 1997. - n. A1/SC-97-05, p. 245-251.

236 - Bertrand B., Aguilar G., Santacreo R., Anthony F., Etienne H., Eskes A., Charrier A. Comportement d'hybrides F1 de *Coffea arabica* pour la vigueur, la production et la fertilité en Amérique centrale. *In* : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 415-423.

237 - Etienne H., Bertrand B., Anthony F., Côte F., Berthouly M. L'embryogenèse somatique : un outil pour l'amélioration génétique du caféier. *In* : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 457-465.

238 - Etienne H., Solano W., Pereira A., Barry Etienne D., Bertrand B., Anthony F., Côte F., Berthouly M. Utilizacion de la embriogenesis somatica en medio liquido para la propagacion masal de los hibridos F1 de *Coffea arabica*. *In* : XVIII Simposio latinoamericano de caficultura. Memorias; 1997/09/16-18; San Jose (CRI). Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Tecnicos (CRI), San Jose (CRI) : IICA-PROMECAFE, 1997. - n. A1/SC-97-05, p. 253-261.

239 - Kebé B.I., Montagnon C., Leroy T., Eskes A.B. La rouille orangée en Côte d'Ivoire : importance et facteurs impliqués dans la sensibilité au champ de *Coffea canephora*. *In* : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 739-743.

240 - Leroy T., Berry D. Prospects for breeding for resistance against *Fusarium* wilt of coffee. *In* : Atelier de Travail sur la Trachéomycose du Caféier ; 1997/07/28-30; Kampala (UGA). Paris (FRA) : CIRAD-CP. - 7 p. - Document non édité.

241 - Leroy T., Royer M., Paillard M., Berthouly M., Spiral J., Tessereau S., Legavre T., Altosaar I. Introduction de gènes d'intérêt agronomique dans l'espèce *Coffea canephora* Pierre par transformation

avec *Agrobacterium* sp.. In : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 439-446.

242 - Montagnon C., Leroy T., Charmetant P. Efficacité de la sélection de géniteurs et têtes de clones pour l'amélioration variétale de *Coffea canephora* en Côte d'Ivoire. In : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 495-501.

Défense des cultures

243 - Avelino J., Seibt R., Zelaya H., Ordonez M., Merlo A. Encuesta-diagnostico sobre la roya anaranjada del cafeto en Honduras. In : XVIII Simposio latinoamericano de caficultura. Memorias; 1997/09/16-18; San Jose (CRI). Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Tecnicos (CRI), San Jose (CRI) : IICA-PROMECAFE, 1997. - n. A1/SC-97-05, p. 379-385.

244 - Bella Manga, Bieysse D., Mouen Bedimo J.A., Akalay I., Bompard E., Berry D. Observations sur la diversité de la population de *Colletotrichum kahawae* agent de l'anthracnose des baies du caféier Arabica. Implications pour l'amélioration génétique. In : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 604-612.

245 - Dufour B., Decazy B. Mise en place d'une lutte intégrée contre le scolyte des fruits du caféier en Amérique centrale. In : Quatrième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Tome II; 1997/01/06-08; Montpellier (FRA). Paris (FRA) : ANPP, 1997. - vol. 2, p. 601-606.

246 - Hernandez A., Fargette M., Molinier V., Ramenason H., Decazy B., Sarah J.L. Enzymatic characterization and reproductive fitness on coffee of root-knot nematode populations from Central America. In : INRA; ORSTOM; CIRAD. - Third International nematology congress; 1996/12/07; Gosier (GLP). s.l. : s.n. - p. 85. - Document non édité.

247 - Loubet S., Bieysse D., Michaux-Ferrière N., Berry D. L'anthracnose des baies (CBD) du caféier Arabica : aspects microscopiques des interactions hôte-parasite. In : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 718-722.

248 - Regazzoni N., Mouen Bedimo J.A., Bar Hen A., Berry D., Cilas C. Mise au point de protocoles de traitements contre l'anthracnose des baies (CBD) du caféier Arabica au Cameroun. In : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 708-713.

249 - Rémond F., Cilas C. L'échantillonnage des dégâts causés par le scolyte du fruit du caféier (*Hypothenemus hampei* Ferr.) : définition de procédures de sondage sur le terrain. In : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 656-663.

250 - Villain L., Sarah J.L., Decazy B., Molina A., Sierra S. Evaluation of grafting on *Coffea canephora* var. Robusta and chemical treatment for control of *Pratylenchus* sp. in *C. arabica* cropping systems. In : INRA; ORSTOM; CIRAD. - Third International nematology congress; 1996/12/07; Gosier (GLP). s.l. : s.n. - p. 51. - Document non édité.

251 - Wegbe K., Decazy B., Cilas C., Djiekpor E.K. Le scolyte des fruits du caféier *Hypothenemus hampei* Ferr. (Coleoptera, Scolytidae) au Togo. Méthode d'estimation du niveau d'infestation, des pertes et du seuil de dégât économique. In : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 639-645.

Voir aussi réf. 231, 239, 240.

Chimie

252 - Guyot B., Christophe T., Gueule D. Effet inhibiteur de l'acide caféyl 5-quinique sur la formation de pyrazines dans les réactions de Maillard. In : Dix-septième colloque scientifique international sur le café ; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 169-175.

Economie, développement, sociologie

253 - Goud B., Sallée B. Dix ans d'expérience dans le bassin caféier de Coatepec au Mexique. In : Dix-septième colloque scientifique international sur le café; 1997/07/20-25; Nairobi (KEN). Paris (FRA) : ASIC, 1998. - p. 309-316.

Biométrie

Voir réf. 233, 248, 249, 251.

Cocotier

Généralités

254 - Rouzière A. Cocotier : l'arbre aux mille usages. *In* : Séminaire Débouchés non alimentaires et développement; 1997/09/26; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD-MITECH, 1997. - p. 39-50.

Physiologie végétale - Nutrition minérale

Voir réf. 199.

Phytotechnie

Voir réf. 200.

Génétique - Amélioration des plantes

255 - Baudouin L. Genetic improvement of coconut palm. *In* : International symposium on coconut biotechnology; 1997/12/01-05; Merida (MEX). Yucatan (MEX) : CICY. - 9 p. - Document non édité.

256 - Lebrun P., Grivet L., Baudouin L. Use of RFLP markers to study the diversity of the coconut palm *Cocos nucifera* L. *In* : International symposium on coconut biotechnology; 1997/12/01-05; Merida (MEX). Yucatan (MEX) : CICY. - 14 p. - Document non édité.

257 - Rival A., Triques K., Beule T., Aberlenc Bertossi F., Morcillo F., Huet C., Grosdemange F., Hocher V., Verdeil J.L., Duval Y., Hamon S. The zygotic embryo : a model for physiological studies in coconut. *In* : International symposium on coconut biotechnology; 1997/12/01-05; Merida (MEX). Yucatan (MEX) : CICY. - 27 p. - Document non édité.

258 - Santamaria J.M., Lavergne D., Trabelsi S., Oropeza C., Verdeil J.L., Rival A., Hamon S., Nato A. Effect of sucrose in the medium, on the photosynthetic capacity of coconut vitroplants derived from zygotic embryos. *In* : International symposium on coconut biotechnology; 1997/12/01-05; Merida (MEX). Yucatan (MEX) : CICY. - 8 p. - Document non édité.

259 - Triques K., Rival A., Beulé T., Morcillo F., Hocher V., Verdeil J.L., Hamon S. Changes in photosynthetic parameters during *in vitro* growth and subsequent acclimatization of coconut (*Cocos nucifera* L.) zygotic embryos. *In* : International Symposium on Biotechnology of Tropical and

Subtropical Species; 1997/09/29-1997/10/05; Brisbane (AUS), s.l. : ISHS, 1997. - 9 p.

260 - Verdeil J.L., Hocher V., Triques K., Lyakurwa R., Rival A., Durand-Gasselin T., Engelmann F., Sangare A., Hamon S. State of research on coconut embryo culture and acclimatization techniques in the IDEFOR (Côte d'Ivoire) and ORSTOM/CIRAD laboratories (France). *In* : International coconut embryo culture and acclimatization workshop; 1997/10/27-1997/11/01; (PHL). (PHL) : PCA, 1997. - p. 1-15.

Défense des cultures

261 - Dery S.K., Philippe R., Nkansah Poku J., Mariau D. Seasonal population variation in two suspected vectors of the cape St. Paul wilt disease of coconut in Ghana in relation to disease incidence. *In* : International Cashew and Coconut Conference; 1997/02/17-21; Dar es Salaam (TAN). Montpellier (FRA) : CIRAD-CP. - 9 p. - Document non édité.

262 - Muller E., Dollet M. Research on viroid-like sequences at CIRAD. *In* : Viroid-like sequences of coconut. Proceedings of a Meeting Viroid-Like Sequences of Coconut; 1997/04/21-23; Kuala Lumpur (MYS). Canberra (AUS) : ACIAR, 1997. - p. 30-38.

263 - Philippe R., Veyrunes J.C., Mariau D., Bergoin M. Biological control using entomopathogenic viruses. Application to oil palm and coconut pests. /Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/01-02. - vol. 4, n. 1, p. 39-45. Présenté aussi au colloque "Pest management research and development for global competitiveness; 1996/05/07-10; Davao (PHL)".

264 - Randles J.W., Wefels E., Hanold D., Miller D.C., Morin J.P., Rohde W. Detection and diagnosis of coconut foliar decay disease. *In* : International symposium on coconut biotechnology; 1997/12/01-05; Merida (MEX). Yucatan (MEX) : CICY. - 13 p. - Document non édité.

Technologie

265 - Hounhouigan J., Rouzière A., Noël J.M., Bricas N., Marouzé C., Raoult-Wack A.L. Relance de la filière de production d'huile de coco par la technique de séchage-friture. *In* : Raoult-Wack A.L., Graille J., Trystram G. (coord.). - La friture : maîtrise du procédé

et de la qualité des produits; 1997/11/05-07; Montpellier (FRA). Récents Progrès en Génie des Procédés (FRA), Paris (FRA) : Groupe Français de Génie des Procédés, 1997. - vol. 11, n. 59, p. 121-130.

266 - Raoult-Wack A.L., Lisse I., Rouzière A., Montet D., Dumas J.C., Noël J.M. Séchage de produits gras par friture : cas des fruits oléagineux (coco, avocat) et des sous-produits carnés. *In* : Raoult-Wack A.L., Graille J., Trystram G. (coord.). - La friture : maîtrise du procédé et de la qualité des produits; 1997/11/05-07; Montpellier (FRA). Récents Progrès en Génie des Procédés (FRA), Paris (FRA) : Groupe

Français de Génie des Procédés, 1997. - vol. 11, n. 59, p.69-76.

Economie, développement, sociologie

267 - Rognon F.V. Technology gaps and challenges for research and technology transfer programmes for the future. *In* : Arancon R.N. Jr. (ed.). - Technology transfer and application in relation to the coconut industry; XXXIII. COCOTECH Meeting; 1996/07/15-19; Kuala Lumpur (MYS). Jakarta (IDN) : APCC, 1996/08. - p. 29-40.

Généralités

268 - Sainte Beuve J. Hévéa : une filière vouée au non alimentaire ? In : Séminaire Débouchés non alimentaires et développement; 1997/09/26; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD-MITECH, 1997. - p. 20-38.

269 - Serier J.B. L'hévéa, le caoutchouc et A. Yersin. In : Saveurs et Traditions du Viet Nam; 1996/10/05-10; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD-CP. - 5 p. - Document non édité.

Physiologie végétale - Nutrition minérale

270 - Dea G.B., Keli Z.J., Eschbach J.M., Omont H., Tran Van Canh. Rubber tree (*Hevea brasiliensis*) behaviour in marginal climatic zones of Cote d'Ivoire : assessment of ten years of observations. In : Symposium on agronomy aspects of the cultivation of natural rubber (*Hevea brasiliensis*); 1996/11/05-06; Beruwela (LKA). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1997. - p. 44-53.

271 - Gallois R., Prévôt J.C., Clément A., Jacob J.L. Biosynthesis of adenine nucleotides in *Hevea brasiliensis* latex. In : Pech J.C. (ed.), Latché A. (ed.), Bouzayen M. (ed.). - Sciences végétales 1997. Troisième Colloque général de la Société Française de Physiologie Végétale; 1997/12/01-03; Toulouse (FRA). Paris (FRA) : Société Française de Physiologie Végétale, 1997. - p. 195-196.

272 - Gohet E., Kouadio D., Prévôt J.C., Obouayeba S., Clément A., D'Auzac J., Keli J.Z., Jacob J.L. Relation between clone type, latex sucrose content and the occurrence of tapping panel dryness in *Hevea brasiliensis*. In : IRRDB 1997. Tapping Panel Dryness Workshop; 1997/04/29-30; Danzhou (CHN). Montpellier (FRA) : CIRAD-CP, 1997. - 14 p. - Document provisoire.

273 - Gohet E., Dian K., Prévôt J.C., Obouayeba S., Keli Z.J., D'Auzac J., Jacob J.L. The relation between latex sugar content, the metabolic activity of the latex-bearing system and the production potential of *Hevea brasiliensis* clones. In : Symposium on Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*). Vol. II : Physiology and exploitation and crop protection and planting methods sessions; 1997/10/14-15; Ho Chi Ming City (VNM). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1998/06. - p. 12-17.

274 - Jacob J.L., Prévôt J.C., Lacote R., Gohet E., Clément A., Gallois R., Joet T., Pujade-Renaud V., D'Auzac J. The biological mechanisms controlling *Hevea brasiliensis* rubber yield. In : Symposium on Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*). Vol. II : Physiology and exploitation and crop protection and planting methods sessions; 1997/10/14-15; Ho Chi Ming City (VNM). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1998/06. - p. 1-11.

275 - Jacob J.L., Lacote R., Prévôt J.C., Clément A., Chrestin H., Pujade-Renaud V., Montoro P., Gohet E., Gallois R., D'Auzac J. The laticiferous system of *Hevea brasiliensis*. Description, functioning, ethylene stimulation. The latex diagnosis and clonal typology for modern methods of exploitation. In : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. II/1-II/19.

276 - Joet T., Gallois R., Prévôt J.C., Clément A., Jacob J.L. Glutathion peroxidase activity in *Hevea brasiliensis* latex. In : Pech J.C. (ed.), Latché A. (ed.), Bouzayen M. (ed.). - Sciences végétales 1997; Troisième Colloque Général de la Société Française de Physiologie Végétale; 1997/12/01-03; Toulouse (FRA). Paris (FRA) : Société Française de Physiologie Végétale, 1997. - p. 213-214.

277 - Lacrotte R., Vichitcholchai N., Chrestin H., Kosaisawe J., Taingtae K., Pujade-Renaud V., Gidrol X. Protein markers linked to the tapping panel dryness (TPD) of *Hevea brasiliensis*. In : IRRDB 1997. Tapping Panel Dryness Workshop; 1997/04/29-30; Danzhou (CHN). Montpellier (FRA) : CIRAD-CP, 1997. - 19 p. - Document provisoire.

278 - Lacrotte R., Jacob J.L., Chrestin H., Pujade-Renaud V., Montoro P. Biochemical and histological aspects of necrotic and induced Tapping Panel Dryness (TPD). In : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. IV/1-IV/17.

279 - Vichitcholchai N., Kosaisawe J., Lacrotte R. *In* : Symposium on Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*). Vol. II : Physiology and exploitation and crop protection and planting methods sessions; 1997/10/14-15; Ho Chi Ming City (VNM). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1998/06. - p. 61-65.

280 - Obouayeba S., Boa D., Gohet E., Dian K., Ouattara N., Keli Z.J. Contribution of the dynamics of vegetative growth of *Hevea brasiliensis* to the determination of tapping norms. *In* : Symposium on Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*). Vol. II : Physiology and exploitation and crop protection and planting methods sessions; 1997/10/14-15; Ho Chi Ming City (VNM). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1998/06. - p. 71-79.

Phytotechnie

281 - Keli Z.J., Omont H., Dea G., Kouadio C., Obouayeba S. Rubber-based farming systems with annual and perennial intercrops in the Ivory Coast : overview of 20 years of trials. *In* : Symposium on farming system aspects of the cultivation of natural rubber (*Hevea brasiliensis*); 1996/11/06; Beruwela (LKA). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1997. - p. 46-55.

282 - Nguema J., Hugot N., Enjalric F. Rubber and associated food crops in a Central African country. *In* : Symposium on farming system aspects of the cultivation of natural rubber (*Hevea brasiliensis*); 1996/11/06; Beruwela (LKA). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1997. - p. 1-9.

Génétique - Amélioration des plantes

283 - Carron M.P., Lardet L., Dea G.B. *Hevea* : micropropagation by somatic embryogenesis. *In* : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. VII/1-VII/8.

284 - Chrestin H., Lacrotte R., Pujade-Renaud V., Montoro P., Kosaisewee J., Naiyanetr C., Narangajavana J. Towards a molecular diagnostic of yield potential and the genetic engineering of the rubber tree. *In* : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. VIII/1-VIII/3

285 - Chrestin H., Pujade-Renaud V., Montoro P., Narangajavana J., Vichitcholchai N., Teerawatanasuk K., Lacrotte R. Expression of genes involved on coagulation and regeneration of latex. Clonal variations and effects of yied stimulation with ethrel. *In* : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. XI/1-XI/13.

286 - Clément-Demange A., Legnaté H., Chapuset T., Pinard F., Seguin M. Characterisation and use of the IRRDB germplasm in Ivory Coast and French Guyana : status in 1997. *In* : Symposium on Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*). Vol. 1 : General, soils and fertilization and breeding and selection sessions. ; 1997/10/14-15; Ho Chi Ming City (VNM). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1998. - p. 71-82.

287 - Clément-Demange A., Seguin M., Lespinasse D., Legnaté H., Chapuset T., Nicolas D. Germplasm, genetic improvement and markers assisted selection of the rubber tree. *In* : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. V/1-V/19.

288 - Gnagne M., Clément-Demange A., Legnaté H., Chapuset T., Nicolas D. Results of the rubber breeding programme in Ivory Coast. *In* : Symposium on Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*). Vol. 1 : General, soils and fertilization and breeding and selection sessions; 1997/10/14-15; Ho Chi Ming City (VNM). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1998. - p. 101-113.

289 - Kongsawadworakul P., Pujade-Renaud V., Chrestin H., Montoro P., Lacrotte R., Narangajavana J. Cloning and expression of genes involved in oxidative stress in the latex from TPD trees. *In* : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. XII/1-XII/9.

290 - Lacrotte R., Vichitcholchai N., Chrestin H., Pujade-Renaud V., Kosaisawe J., Srisarn C., Narangajavana J., Montoro P., Gidrol X. Latex diagnostic and molecular markers of the Tapping Panel Dryness (TPD). *In* : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and

rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. IX/1-IX/27 : 9 réf., 4 tabl., 16 graph.

291 - Leconte A., Le Guen V., Rodier-Goud M., Seguin M. Germplasm characterization and clone identification of rubber through leaves zymogram analysis. In : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. VI/1-VI/6.

292 - Lespinasse D., Seguin M., Legnaté H., Troispoux V., Clément-Demange A. Genome in connection with resistance to south american leaf blight in rubber tree (*Hevea brasiliensis*). Poster abstract. In : Heller S.R. (ed.). - Fifth International conference on the status of plant and animal genome research; 1997/01/12-16; San Diego (USA). Washington (USA) : USDA, 1997. - p. 124.

293 - Montoro P., Pujade-Renaud V., Teinseree N. Strategy to study functionality of putative promotor from *Hevea brasiliensis*. Attempts of *Agrobacterium tumefaciens* - mediated gene transfer in various tissue. In : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. XIV/1-XIV/6.

294 - Pujade-Renaud V., Montoro P., Phuangkosol N. Cloning of latex-specific and ethylene-inducible promoters from rubber tree. In : Seminar on the biochemical and molecular tools for exploitation diagnostic and rubber tree improvement. Workshop on electrophoresis application to rubber tree clone identification ; 1997/10/20-22; Bangkok (THA). Bangkok (THA) : Mahidol University, 1997. - p. XIII/1-XIII/10.

295 - Seguin M., Lespinasse D., Rodier M., Legnaté H., Leconte A., Clément-Demange A. Building hevea genetic MAP using two different progenies. In : EUCARPIA. - Réunion sur les plantes tropicales; 1996/03/11-15; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 271.

296 - Seguin M., Rodier M., Jacobe de Haut I., Lespinasse D. Development of microsatellite markers in rubber tree (*Hevea brasiliensis*). In : EUCARPIA. - Réunion sur les plantes tropicales; 1996/03/11-15;

Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 272.

297 - Seguin M., Rodier-Goud M., Lespinasse D. Mapping SSR markers in rubber tree (*Hevea brasiliensis*) facilitated and enhanced by heteroduplex formation and template mixing. In : Heller S.R. (ed.). - Fifth International conference on the status of plant and animal genome research; 1997/01/12-16; San Diego (USA). Washington (USA) : USDA, 1997. - p. 66.

Défense des cultures

298 - Rodier-Goud M., Seguin M., Troispoux V., Pinard F. Recherche du déterminisme de la résistance à *Microcyclus ulei*, champignon pathogène de l'hévéa. In : Séminaire Gestion raisonnée des résistances des plantes aux pathogènes; 1997/09/11-12; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - 7 p.

299 - Tran Van Canh, Keli Z.J., Coulibaly A. Control of termites and black ants damaging rubber plantations in Africa. In : Symposium on Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*) 1997. Vol. II : Physiology and exploitation and crop protection and planting methods sessions; 1997/10/14-15; Ho Chi Ming City (VNM). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1998/06. - p. 115-121.

300 - Troispoux V., Juliot E., Mattos C., Pinard F., Rodier-Goud M., Seguin M., Lespinasse D., Le Guen V. Lutte génétique contre la maladie sud américaine de l'hévéa due à *Microcyclus ulei* (SALB). In : Séminaire Gestion raisonnée des résistances des plantes aux pathogènes; 1997/09/11-12; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - 24 p.

301 - Wahounou P.J., Tran Van Canh, Keli J.Z., Eschbach J.M. Development of *Corynespora cassiicola* and *Colletotrichum gloeosporioides* leaf fall diseases in rubber plantation in Africa. In : Darussamin A. (ed.), Pawirosoemardjo S. (ed.), Basuki, Azwar R. (ed.), Sadaruddin (ed.). - Workshop on *Corynespora* leaf fall disease of *Hevea* rubber; 1996/12/16-17; Medan (IDN). Medan (IDN) : Pusat Penelitian Karet, 1997. - p. 99-105.

302 - Wahounou P.J., Tran Van Canh, Keli Z.J., Kiffer E., Botton B. Efficiency study of four fungicides on the fungi micro-flora of soil and roots of the southern rubber plantation in Côte d'Ivoire. In : Ninth International Conference on Root and Butt Rots; 1997/08/31-1997/09/07; Carcans (FRA). Versailles (FRA) : INRA, 1997. - 1 p.

Voir aussi réf. 292.

Technologie

303 - De Livonnière H. Natural rubber consistency : current knowledge and trends. *In* : Symposium on the technology and end uses of natural rubber; 1996/11/06; Beruwela (LKA). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1997/06. - p. 1-6.

304 - Sainte Beuve J. Drying of crumb natural rubber : latest results. *In* : Symposium on the technology and end uses of natural rubber; 1996/11/06; Beruwela (LKA). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1997/06. - p. 89-97.

305 - Sylla S., Laigneau J.C., Koman Achi A., Allet Don A. A clonal typology approach to natural rubber technology. *In* : Symposium on the technology and end uses of natural rubber; 1996/11/06; Beruwela (LKA). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1997/06. - p. 7-20.

Economie, développement, sociologie

306 - Courbet P., Penot E., Ilahang I. Farming systems characterization and innovations adoption process in West Kalimantan. *In* : Penot E.; Wibawa G. - SRAP workshop on rubber agroforestry system in Indonesia; 1997/09/29-30; Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF, 1997/09. - 25 p.

307 - De Livonnière H. Caoutchouc naturel : un "seigneur" réservé. *Revue Générale des Caoutchoucs et Plastiques* (FRA), 1997/04. - vol. 74, n. 758, p. 59-64. Présenté au "Salon International de l'Agriculture; 1997/02/23-1997/03/02; Paris (FRA)".

308 - Eschbach J.M. European Union research projects : Hevea-based farming systems. *In* : Symposium on farming system aspects of the cultivation of natural rubber (*Hevea brasiliensis*); 1996/11/06; Beruwela (LKA), Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1997. - p. 96-99. Présenté aussi au "Seminar on agronomy and farming system; 1996/11/05-06; Colombo (LKA)".

309 - Eschbach J.M., Clément-Demange A., Tran Thi Thuy Hoa. The potential for rubber smallholder development on the Vietnam Highlands and a proposal for an adaptive research programme. *In* : Symposium on Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*) 1997. Vol. III : Rubber smallholdings, NR processing and quality and technology sessions; 1997/10/14-15; Ho Chi Ming City (VNM). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1998/07. - p. 6-13.

310 - Kelfoun A., Penot E., Komardiwan I. Farming systems characterization and innovations adoption process in Jambi province. *In* : Penot E.; Wibawa G. - SRAP workshop on rubber agroforestry system in Indonesia; 1997/09/29-30; Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF, 1997/09. - 19 p.

311 - Ketterings Q.M., Wibowo T.T., Penot E., Van Noorwijk M. Slash-and-burn as land clearing method for rubber smallholders in Sepunggur, Jambi province, Sumatra, Indonesia. Results of a social/economic/agronomy survey. *In* : Penot E.; Wibawa G. - SRAP workshop on rubber agroforestry system in Indonesia; 1997/09/29-30; Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF, 1997/09. - 13 p.

312 - Komardiwan I., Penot E. IGPM (Improved Genetic Planting Material) availability and use in Jambi province. *In* : Penot E.; Wibawa G. - SRAP workshop on rubber agroforestry system in Indonesia; 1997/09/29-30; Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF, 1997/09. - 4 p.

313 - Penot E. Sustainability through productivity improvement of Indonesian rubber based agroforestry systems. Rubber Agroforestry Systems (RAS) as a sustainable alternative for rubber smallholder in Indonesia taking into account biodiversity and environmental concerns. *In* : Fourteenth International Symposium on Sustainable Farming Systems; 1996/11/11-16; Colombo (LKA). Bogor (IDN) : ICRAF. - 13 p. - Document non édité.

314 - Penot E., Wibawa G. Complex Rubber Agroforestry Systems in Indonesia : an alternative to low productivity of jungle rubber conserving agroforestry practices and benefits. *In* : Symposium on farming system aspects of the cultivation of natural rubber (*Hevea brasiliensis*); 1996/11/06; Beruwela (LKA), Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1997. - p. 56-80. Présenté aussi au "Fourteenth International symposium on sustainable farming systems; 1996/11/11-16; Colombo (LKA)".

315 - Penot E. From shifting agriculture to sustainable rubber complex agroforestry systems (jungle rubber) in Indonesia : an history of innovations production and adoption process. *In* : Indigenous Strategies for Intensification of Shifting Cultivation in Southeast Asia; 1997/06; Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF. - 50 p. - Document non édité.

- 316 - Penot E. Introduction to SRAP methodology and RAS concepts : summary of the preliminary results. *In* : Penot E.; Wibawa G. - SRAP workshop on rubber agroforestry system in Indonesia; 1997/09/29-30; Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF, 1997/09. - 45 p.
- 317 - Penot E. Rubber Agroforestry System (RAS) : on-farm experimentation in West Kalimantan. Preliminary results of rice in on-farm rice trials planted in 1994/95, 1995/96 and 1996/97 draft. *In* : Penot E.; Wibawa G. - SRAP workshop on rubber agroforestry system in Indonesia; 1997/09/29-30; Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF, 1997/09. - 38 p.
- 318 - Penot E. Smallholder rubber agroforestry in Indonesia. *In* : International Rubber Conference; 1997/10/06-09; Kuala Lumpur (MYS). Bogor (IDN) : ICRAF. - 10 p. - Document non édité.
- 319 - Penot E., Werner S. Prospects for the conservation of secondary forest biodiversity within productive rubber agroforests. *In* : CIFOR/USAID International workshop on management of secondary forest in Indonesia; 1997/11; Bogor (IDN). s.l. : s.n. - 27 p. - Document non édité.
- 320 - Schueller W., Penot E., Sunaryo I. Rubber Improved Genetic Planting Material (IGPM) availability and use by smallholders in West Kalimantan. *In* : Penot E.; Wibawa G. - SRAP workshop on rubber agroforestry system in Indonesia; 1997/09/29-30; Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF, 1997/09. - 18 p.
- 321 - Tran Van Canh, Dea G.B., Wahounou P.J., Keli Z.J. Research-training in the non-industrial rubber sector in Cote d'Ivoire. *In* : Symposium on farming system aspects of the cultivation of natural rubber (*Hevea brasiliensis*); 1996/11/06; Beruwela (LKA). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1997. - p. 147-151.
- 322 - Tran Van Canh, Dea G.B., Wahounou P.J., Keli Z.J. Research-training in the non-industrial rubber sector in Cote d'Ivoire. *In* : Symposium on Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*) 1997. Vol. III : Rubber smallholdings, NR processing and quality and technology sessions; 1997/10/14-15; Ho Chi Ming City (VNM). Brickendonbury (GBR) : IRRDB, 1998/07. - p. 1-5.
- 323 - Wibawa G., Penot E., Williams S., Akiefnawati R. Preliminary results of Rubber Agroforestry System (RAS) : on-farm experimentation in Jambi province. *In* : Penot E.; Wibawa G. - SRAP workshop on rubber agroforestry system in Indonesia; 1997/09/29-30; Bogor (IDN). Bogor (IDN) : ICRAF, 1997/09. - 22 p.

Palmier à huile

Physiologie végétale - Nutrition minérale

324 - Jourdan C., Rey H. Modelling and simulation of the architecture and development of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) root system with special attention to practical application. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 97-110. - Document provisoire.

325 - Lamade E., Bonnot F., Poeloengan Z. Modelling photosynthesis and stomatal response of oil palm clones to environmental conditions in north Sumatra (Indonesia). Implication for plant breeding. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 87-96. - Document provisoire.

326 - Lamade E., Setiyo I.E. A rapid method for estimating leaf area index with the Li-Cor "LAI 2000 PCA" for oil palm. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 415-420. - Document provisoire.

327 - Lamade E., Setiyo I.E. Test of Dufrêne's production model on two contrasting families of oil palm in north Sumatra. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 427-435. - Document provisoire.

328 - Setiyo I.E., Subronto, Lamade E. Photosynthetic rate of three different DxP clones: the sensitivity to vapour pressure deficit in north Sumatra. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 421-426. - Document provisoire.

Phytotechnie

329 - Ballo K., Quencez P., Koutou A., Ouattara S., Kouamé B. Effets des fertilisations azotées, potassiques et magnésiennes sur quelques caractéristiques physiques du régime et du fruit du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 442-446. - Document provisoire.

330 - Nouy B., Omore A., Potier F. Oil palm production cycles in different ecologies : consequences for breeding. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 62-75. - Document provisoire.

331 - Suyanto S., Harjotedjo S., Caliman J.P. Ringkasan hasil percobaan pemupukan [Synthèse des résultats de recherches sur la fertilisation du palmier à huile]. *In* : P.T. SMART Manager Meeting; 1997/04/21-24; Surabaya (IDN). (IDN) : PT. SMART Corporation, 1997/04. - p. 1-14.

Génétique - Amélioration des plantes

332 - Billotte N., Baudouin L. Stratégie en recherches biomoléculaires appliquées à la sélection du palmier à huile. *In* : Séminaire ISOPB; 1997/12; s.l. : s.n. - 9 p. - Document non édité.

333 - Duval Y., Amblard P., Rival A., Konan E.K., Gogor S., Durand-Gasselin T. Progress in oil palm tissue culture and clonal performance in Indonesia and the Côte d'Ivoire. *In* : Pushparajah E. (ed.). Plantation management for the 21st century. (Volume 1. Technical papers). Proceedings of the International Planters Conference on Plantation Management for the 21st Century; 1997/05/21-22; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : Incorporated Society of Planters, 1997 - vol. 1, p.291-307.

334 - Konan E.K.; Durand-Gasselin T., Duval Y., Rival A., Jacquemard J.C., Kouamé B. Oil palm clonal propagation through somatic embryogenesis. Research programmes and results from Côte d'Ivoire. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 1. - Document provisoire.

335 - Konan E.K., Durand-Gasselin T., Cochard M.B., Rival A., Kouamé M.B. Caractéristiques de production des vitroplants de palmier à huile plantés en Côte d'Ivoire en conditions agro-industrielles. *In* : Sixièmes journées scientifiques sur les biotechnologies végétales : bilan d'une décennie; 1997/06/30-1997/07/04; Orsay (FRA). s.l. : s.n. - 1 p. - Document non édité.

336 - Rival A., Aberlenc-Bertossi A., Morcillo F., Tregear J., Verdeil J.L., Duval Y., Durand-Gasselin T., Konan E.K., Kouamé M.B. Micropropagation clonale par embryogenèse somatique du palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) Programmes de recherche liés au transfert d'échelle. *In* : Sixièmes journées scientifiques sur les biotechnologies végétales : bilan d'une décennie; 1997/06/30-1997/07/04; Orsay (FRA). s.l. : s.n. - 2 p. - Document non édité.

337 - Rival A., Tregear J., Verdeil J.L., Beulé T., Richaud F., Duval Y. Molecular and cytological analysis of the "mantled" somaclonal variation in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). Poster. *In* : Fifth ISPMB International Congress; 1997/09/19-27; Singapore (SGP). s.l. : s.n. - 1 p. - Document non édité.

338 - Rival A., Tregear J., Verdeil J.L., Richaud F., Beulé T., Duval Y., Hartman C., Rode A. Molecular search for mRNA and genomic markers of the oil palm "mantled" somaclonal variation. *In* : International Symposium on Biotechnology of Tropical and Subtropical Species; 1997/09/29-1997/10/05; Brisbane (AUS). s.l. : ISHS, 1997. - 9 p.

339 - Rival A., Beulé T., Tregear J., Aberlenc-Bertossi F., Morcillo F., Richaud F., Durand-Gasselin T., Duval Y. Scaling up micropropagation of palms : the example of oil palm. *In* : International symposium on coconut biotechnology; 1997/12/01-05; Merida (MEX). Yucatan (MEX) : CICY. - 19 p. - Document non édité.

Voir aussi réf. 330.

Défense des cultures

340 - Desmier de Chenon R., Sipayung A., Sinuraya L. Sex pheromone traps for monitoring the limacodid populations of *Setothosea asigna* in Indonesian oil palm plantations. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 528-537. - Document provisoire.

341 - Dollet M., Muller E., Gargani D. Sleeping sickness of oil palm in south Africa. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 379-390. - Document provisoire.

342 - Mariau D. Importance des insectes auxiliaires dans la politique de lutte intégrée contre les insectes défoliateurs du palmier à huile. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 1-13. - Document provisoire.

343 - Prawirosukarto S., Pardede D., Veyrunes J.C., Cousserans F., Philippe R., Desmier de Chenon R., Mariau D., Bergoin M. Utilization of *Nudaurelia-β* virus for biological control of the oil palm leaf-eating nettle caterpillar *Setothosea asigna* Van Eecke (*Lepidoptera* : *Limacodidae*) in Indonesia. Abstract. *In* : Conférence internationale : Transferts de technologie en lutte biologique : de la recherche à la pratique; 1996/09/09-11; Montpellier (FRA). Bulletin OILB Srop (FRA). 1996. - vol. 19, n. 4, p.254.

Voir aussi réf. 263.

Technologie

344 - Graille J., Noël J.M., Pina M., Rouzière A., Ecker P. Palm oil mills : a new process. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 316-317. - Document provisoire.

Economie, développement, sociologie

345 - Voituriez T. Palmier à huile : alimentation et lipochimie. *In* : Séminaire Débouchés non alimentaires et développement; 1997/09/26; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD-MITECH, 1997. - p. 58-72.

Autres

Physiologie végétale - Nutrition minérale

346 - Snoeck D., Beunard P. Effets des facteurs du milieu de culture sur la croissance de deux souches de *Rhizobium* (IRAT K156 et TAL 582) nodulant le *Leucaena*. In : Septième conférence de l'AABNF (Association Africaine pour la Fixation Biologique de l'Azote); 1996/09/02-07; Yamoussoukro (CIV). Montpellier (FRA) : CIRAD-CA, 1996, n. 7, p. 1-9.

Génétique - Amélioration des plantes

347 - Baudouin L., Baril C., Clément-Demange A., Leroy T., Paulin D. Recurrent selection of tropical tree crops. In : EUCARPIA. - Réunion sur les plantes tropicales; 1996/03/11-15; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 127-141. Publié aussi dans "Euphytica (NLD), 1997. - vol. 96, p. 101-114."

348 - Duval Y., Berthouly M., Carron M.P., Verdeil J.L. Somatic embryogenesis of tree crops. In : EUCARPIA. - Réunion sur les plantes tropicales; 1996/03/11-15; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996. - p. 185-186.

Défense des cultures

349 - Dollet M., Ndiaye M. Etat des recherches sur le Peanut Clump Virus (PVC) en Afrique de l'Ouest. In : Groundnut virus diseases in Africa, working group meeting; 1996/03/18-19; Pretoria (ZAF). s.l. : s.n. - 1 p. - Document non édité.

350 - Dollet M., Muller E., Marché S., Gargani D., Banuls A.L., Tibayrenc M. Molecular tools applied to plant trypanosomes. In : International workshop on molecular epidemiology and evolutionary genetics of pathogenic microorganisms; 1996/06/17-19; Atlanta (USA). Atlanta (USA) : CDC, 1996. - p. 27.

351 - Dollet M.; Gargani D.; Muller E.; Vezian K. Mise au point d'une méthode d'acquisition de trypanosomes (*Phytomonas* spp.) cultivés *in vitro* par *Lincus croupius* (Pentatomidae). In : Quatrième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Tome III; 1997/01/06-08; Montpellier (FRA). Paris (FRA) : ANPP, 1997. - vol. 3, p. 887-893.

352 - Dufour B. Situacion en las islas Francesas del Caribe. In : Reunion Internacional sobre Cochinilla Rosada; 1997/08/26-27; Tegucigalpa (HDN). Paris (FRA) : CIRAD-CP. - 4 p. - Document non édité.

353 - Hébrard E., Dollet M. Further studies on RAPD of phloem restricted plant trypanosomatids : comparison between several processings of raw data. In : International workshop on molecular epidemiology and evolutionary genetics of pathogenic microorganisms. 2nd Session; 1997/04/26-28; Montpellier (FRA). s.l. : s.n. - 1 p. - Document non édité.

354 - Mariau D., Decazy B., Quilici S., Mallet B., Morin J.P., Arbonnier M., Philippe R. Utilisation du contrôle biologique sur les cultures pérennes tropicales. Les recherches du CIRAD. In : Conférence internationale : Transferts de technologie en lutte biologique : de la recherche à la pratique; 1996/09/09-11; Montpellier (FRA). s.l. : s.n. - 5 p. - Document non édité. Résumé en anglais édité dans "Bulletin OILB Srop (FRA). 1996. - vol. 19, n. 4, p.230."

355 - Mariau D., Decazy B., Quilici S., Mallet B., Morin J.P., Arbonnier M., Philippe R. Lutte biologique contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales. In : 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Publié dans "Plantations, Recherche, Développement (FRA), 1997/07-08. - vol. 4, n. 4, p. 229-235."

356 - Mariau D. Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures tropicales. Trente ans de recherche au CIRAD. In : Quatrième conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Tome II; 1997/01/06-08; Montpellier (FRA). Paris (FRA) : ANPP, 1997. - vol. 2, p. 633-642.

357 - Ndiaye M., Dollet M. Etude de la variabilité de nouveaux isolats du *Peanut Clump Virus* (PCV) du Sénégal. In : First International virology and microbiology conference; 1996/11/17-23; Yaoundé (CMR). s.l. : s.n. - 1 p. - Document non édité.

358 - Renou M., Tauban D., Morin J.P. Structure des organes olfactifs des insectes : les antennes en lamelles des *Oryctes* spp. (Coleoptères). *In* : Colloque sur la microscopie électronique et analytique ; 1997/11/20-21; Versailles (FRA). s.l. : s.n. - 1 p. - Document non édité.

359 - Sipayung A., Desmier de Chenon R. New biological agent for the control of the weed *Chromolaena odorata* in Indonesia (*Procedidochares connexa*, Diptera Tephritidae). *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 330-335. - Document provisoire.

Technologie

360 - Burghart P., Evrard J., Graille J., Uzzan A. Conférence internationale sur le traitement des graines oléagineuses et des huiles alimentaires, Istanbul, 6-10 octobre 1996. OCL (FRA), 1996/11-12. - vol. 3, n. 6, p. 403.

361 - Challot F. La valorisation économique de la recherche. Cas particulier du domaine agroalimentaire. *In* : Journées nationales de la recherche camerounaise; 1996/04/02-04; Yaoundé (CMR). Montpellier (FRA) : CIRAD-CP. - 18 p. - Document non édité.

362 - Challot F. La recherche pour le développement dans le domaine agro-alimentaire. Les thèmes de recherche du CIRAD. *In* : Raoult-Wack A.L., Graille J., Trystram G. (Coord). - La friture : maîtrise du procédé et de la qualité des produits; 1997/11/05-07; Montpellier (FRA). Récents Progrès en Génie des Procédés (FRA). Paris (FRA) : Groupe Français de Génie des Procédés, 1997. - vol. 11, n. 59, p. 49-55.

363 - Pioch D., Larguèze C., Graille J., Ajana H., Rouvière J. Towards an efficient membrane based vegetable oils refining. *In* : Third european symposium on industrial crops and Products; 1996/04/22-24; Reims (FRA). Industrial Crops and Products (NLD), 1998/01. - vol. 7, n. 2-3, p. 83-89.

364 - Pioch D., Larguèze C., Hafidi A., Ajana H., Graille J. Membrane based vegetable oils refining. Crossflow filtration at laboratory and pilot scales. *In* : World conference and exhibition on oilseed and edible oils processing; 1996/10/06-10; Istanbul (TUR). s.l. : s.n. - Document non édité.

365 - Raoult-Wack A.L., Rouzière A., Reynes M., Noël J.M. An original application of deep-fat frying dehydration of water-rich oily materials prior to oil extraction. *In* : 2. Seventh International Congress on Engineering and Food; 1997/04/13-17; Brighton (GBR). Sheffield (GBR) : Sheffield Academic Press, 1997. - p. G49-G52.

366 - Raoult-Wack A.L., Graille J., Trystram G. (Coord). - La friture : maîtrise du procédé et de la qualité des produits; 1997/11/05-07; Montpellier (FRA). Récents Progrès en Génie des Procédés (FRA). Paris (FRA) : Groupe Français de Génie des Procédés, 1997. - vol. 11, n. 59, 159 p.

Chimie

367 - Graille J., Pina M. New trends in bioprocessing of fats and oils possible application to laurics. *In* : AVOC Lauric Oils Symposium; Ho Chi Ming City (VNM); 1996/04/25-26. s.l. : s.n. - Document non édité.

368 - Graille J., Villeneuve P., Pina M., Renard G., Farines M. The transesterification bioprocess : application to laurics and butterfat. *In* : World conference and exhibition on oilseed and edible oils processing; 1996/10/06-10; Istanbul (TUR). s.l. : s.n. - Document non édité.

369 - Graille J. Réactions chimiques induites par la friture. *In* : Raoult-Wack A.L., Graille J., Trystram G. (Coord). - La friture : maîtrise du procédé et de la qualité des produits; 1997/11/05-07; Montpellier (FRA). Récents Progrès en Génie des Procédés (FRA). Paris (FRA) : Groupe Français de Génie des Procédés, 1997. - vol. 11, n. 59, p. 21-32.

370 - Pioch D., Lescure R., Graille J., Geneste P., Abdul Rashid Abdul Shukor, Tang Thin Sue. Pilot scale bauxite catalyzed synthesis of long chain ketones. *In* : Proceedings of the 1996 PORIM international palm oil congress. Competitiveness for the 21st century. Agriculture conference; 1996/09/23-28; Kuala Lumpur (MYS). Kuala Lumpur (MYS) : PORIM, 1996, p. 79-89. - Document provisoire.

371 - Villeneuve P., Pina M., Graille J. Substrate specificity of microbial lipases. *In* : International workshop on lipases in the biocatalysis; 1996/04/11-13; Rome (ITA). s.l. : s.n. - Document non édité.

Biométrie

372 - Cilas C., Flori A. Mesure de l'indépendance sur un tableau de contingence. *In* : Bar Hen A. (ed.). - Données comptage. Séminaire Biométrie; 1997/09/08-10; Montpellier (FRA). Documents de Travail de la Délégation Biométrie et Mathématiques Appliquées (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997. - n. 3, p. 59-63.

Documentation

373 - De Lattre Gasquet M., Charbonnier G. CIRAD, l'observatoire du changement : la prospective stratégique au service de la programmation. *In* :

Séminaire de l'ADEST : Comment les grands centres de recherche français appréhendent et utilisent la veille technologique et/ou la scientométrie; 1997/10/14; Paris (FRA). Paris (FRA) : CIRAD. - 14 p. - Document non édité.

Autres

374 - Noirot M.; Lashermes P.; Treagear J.; Lorieux M. Internet : formation et recherche en biologie moléculaire. *In* : Troisième Forum de l'innovation pédagogique en sciences agronomiques. Atelier 7 : la formation des jeunes chercheurs; 1997/01/29-31; Montpellier (FRA). Montpellier (FRA) : AGROPOLIS. - 3 p. - Document non édité.

THÈSES, MÉMOIRES, RAPPORTS DE STAGE

Cacao

Génétique - Amélioration des plantes

375 - Aguilar Vega M.E. Le microbouturage du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) : identification et étude de quelques facteurs limitants de la réactivité des explants. Thèse (Dr en Sciences Agronomiques). Toulouse (FRA) : INPT, 1996/02/16. - 127 p.

376 - Nyassé S. Etude de la diversité de *Phytophthora megakarya* et caractérisation de la résistance du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) à cet agent pathogène. Thèse (Dr INPT. Spécialité : Sciences Agronomiques (Phytopathologie)). Toulouse (FRA) : INPT, 1997/11/14. - 160 p.

Défense des cultures

377 - Ndoumbe Nkeng M. Analyse d'un essai diallèle complet chez le cacaoyer installé au Cameroun. Etude de la production et de la résistance à la pourriture brune des cabosses. Mémoire (DESS. Méthodes Statistiques des Industries Agronomiques, Agroalimentaires et Pharmaceutiques). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1997/09/16. - 52 p.

378 - Ortiz Garcia C.F. Etude de la diversité génétique de populations de *Phytophthora* pathogènes du cacaoyer (*Theobroma cacao* L.) et du cocotier (*Cocos nucifera* L.). Thèse (Dr en Biologie Cellulaire et Moléculaire Végétale). Toulouse (FRA) : Université Paul Sabatier, 1996. - 129 p..

Voir aussi réf. 376.

Technologie

379 - Calen E. Elaboration d'une méthode d'observation microscopique et d'analyse de structure appliquée à la fève de cacao. Mémoire (DEA de Mécanique des Matériaux, Structures et Génie des Procédés. Option : Thermomécanique des Matériaux et Milieux Hétérogènes). Montpellier (FRA) : USTL, 1996/07/04. - 34 p.

380 - Nganhou J. Mise au point d'une méthode de micro-analyse d'eau et d'acide acétique dans une fève de cacao en cours de séchage. Mémoire (Rapport de stage effectué au CIRAD-CP du 15 septembre au 1995 au 15 janvier 1996). Yaoundé (CMR) : Université de Yaoundé, 1996. - 16 p.

381 - Papin L. La torréfaction du cacao. Vol. 1 : rapport d'ingénieur. Vol. 2 : rapport bibliographique. Mémoire (ENSAR 3ème année. Spécialisation : Sciences et Technologies des Produits d'Origine Animale). Rennes (FRA) : ENSAR, 1997/09. - vol. 2 volumes, 86 p. **Confidentiel.**

Biométrie

Voir aussi réf. 377.

Café

Défense des cultures

382 - Hernandez A. Etude de la variabilité intra et interspécifique des nématodes du genre *Meloidogyne* parasites des caféiers en Amérique centrale. Fascicule 1 : texte et tableaux, fascicule 2 : illustrations. Thèse (Dr en Biologie de l'Evolution et Ecologie). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1997/12/08. - 132 p.

383 - Regazzoni N. Anthracnose des baies du caféier Arabica (*Coffee berry disease*) au Cameroun : études épidémiologiques. Mémoire (DESS : Méthodes Statistiques des Industries Agronomiques, Agro-Alimentaires et Pharmaceutiques). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1996/09/04. - 52 p.

384 - Rémond F. Mise au point de méthodes d'échantillonnage pour estimer les attaques des fruits du caféier par le scolyte (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Thèse (Dr Mathématiques Appliquées et Applications des Mathématiques. Option : Biostatistique). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1996/11/29. - 295 p.

Technologie

385 - Fernandez Alduenda M.R. Evolution de la qualité du café boisson au cours du stockage. Influence de différents traitements physiques et chimiques. Mémoire (DEA Sciences des Aliments). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1996/07/01. - 30 p. **Confidentiel**

386 - Vamane M. Rapport de stage de formation en technologie du café. Etude de la qualité, expertise, torréfaction, initiation à l'analyse sensorielle. Mémoire (Rapport de stage). Bambari (CAF) : Ministère de l'Agriculture et de l'Elevage, 1997/12. - 50 p.

Chimie

387 - Bosquette B. Estérification enzymatique : application aux acides phénols du café vert. Mémoire (Fin d'Etudes IUP. Option : Produits de Consommation Alimentaire). Marseille (FRA) : Université de Droit, d'Economie et des Sciences d'Aix Marseille, 1996. - 45 p.

388 - Davrieux F. Application de la spectrométrie proche infrarouge à la caractérisation de mélanges de cafés torréfiés moulus. Mémoire (DESS Méthodes Statistiques des Industries Agronomiques, Agro-alimentaires et Pharmaceutiques). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1997/09. - 95 p.

389 - Martin T. Extraction et analyse de l'arôme de café par le procédé de pervaporation. Mémoire (DUT). Castres (FRA) : IUT, 1996. - 100 p.

390 - Vancoppenolle F. Rapport de stage. 1ère année. Qualité du café infesté par le scolyte en Nouvelle-Calédonie. Mémoire (BTA1. Transformation. Laboratoire Contrôle de la Qualité). Villefranche de Rouergue (FRA) : LPA Beauregard, 1996. - 77 p.

391 - Wagna E. Essai de condensation enzymatique des acides phénols avec les alcools, les polyols, les saccharides : valorisation des polyphénols du café vert. Rapport bibliographique. Mémoire (DEA Sciences des Agroressources). Toulouse (FRA) : ENSCT, 1997/02/21. - 54 p.

Economie, développement, sociologie

392 - Niang F.K. Les débouchés des cafés centraux américains en Europe (Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Salvador). Mémoire (DESS d'Economie Agricole et Gestion des Entreprises Agroalimentaires). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 1, 1996/10. - 85 p.

393 - Villator Hernandez J.O. Analyses de données d'une enquête sur la caractérisation d'une région productrice de café au Honduras. Mémoire (DESS : Méthodes Statistiques des Industries Agronomiques, Agro-Alimentaires et Pharmaceutiques). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1996/09/26. - 55 p.

Biométrie

Voir réf. 383, 384, 388, 393.

Cocotier

Physiologie végétale - Nutrition minérale

394 - Bonheme I. Perles de cocotier : mythe ou réalité. Mémoire (Maîtrise de Biologie et Physiologie. Option : Physiologie Végétale Appliquée). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1996/03. - 30 p.

vitro : nutrition et acquisitions de l'autotrophie. Mémoire (DEA. Bases de la Production Végétale. Option : Biotechnologie et Amélioration des Plantes). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1996/09/09. - 13 p.

Défense des cultures

395 - Triques K. Comportement des embryons zygotiques de cocotier (*Cocos nucifera* L.) cultivés *in*

Voir aussi réf. 378.

Hévéa

Physiologie végétale - Nutrition minérale

396 - Clément A. L'azote et son métabolisme au sein du latex d'*Hevea brasiliensis*. Point sur les connaissances actuelles. Mémoire (Examen probatoire en Biochimie Industrielle et Agro-Alimentaire). Montpellier (FRA) : CNAM, 1996/06/10. - 28 p.

397 - Gohet E. La production de latex par *Hevea brasiliensis*. Relations avec la croissance. Influence de différents facteurs : origine clonale, stimulation hormonale, réserves hydrocarbonées. Thèse (Dr Physiologie Végétale et Développement). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1996/12/20. - 343 p.

398 - Joet T. La glutathion peroxydase du latex d'*Hevea brasiliensis*. Caractérisation et implications physiologiques. Mémoire (DEA Bases de la Production Végétale. Option : Physiologie Intégrée et Ecophysiologie de la Nutrition et de la Croissance des Plantes). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1997/09/10. - 16 p.

399 - Thaler P. Relations entre développement racinaire et développement aérien. Modélisation de l'influence de la disponibilité en assimilats carbonés sur l'architecture racinaire d'*Hevea brasiliensis*. Thèse (Dr en Biologie des Organismes et des Populations). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1996/12/23. - 160 p.

Technologie

400 - Aguia H.K. Etude de l'oxydation du caoutchouc naturel par analyse enthalpique différentielle. Mémoire (DEA des Polymères, Interfaces et Etats Amorphes). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1997/09/22. - 30 p.

401- Escande C. La gestion de la qualité du caoutchouc naturel aux Philippines. Mémoire (DEA en Economie du Développement Agricole, Agro-alimentaire et Rural). Montpellier (FRA) : ENSAM, 1996/10/02. Publié dans "Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1996/11. - n. 30, 158 p."

402 - Rondet M. La normalisation du caoutchouc naturel dans la gestion de la qualité. Mémoire (DEA en Economie du Développement Agricole, Agro-Alimentaire et Rural). Montpellier (FRA) : ENSAM, 1996/10/02. Publié dans "Documents de Travail en Economie des Filières (FRA), Montpellier (FRA) : CIRAD, 1997/03. - n. 32, 127 p."

403 - Sainte Beuve J. Le séchage du caoutchouc naturel : facteur de correction de la variabilité? Thèse (Dr Spécialité : Mécanique, Génie Mécanique, Génie Civil). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1997. - 210 p.

Palmier à huile

Génétique - Amélioration des plantes

- 404 - Adon B. Exploitation des ressources génétiques du palmier à huile. Mémoire (Rapport de stage à l'UR Amélioration palmier du CIRAD-CP, du 09/01/97 au 15/02/97). Montpellier (FRA) : CIRAD-CP, 1997. - 60 p.
- 405 - Bertrand L. Utilisation de marqueurs moléculaires pour la détection de variants somaclonaux. Etude des régénérants issus d'embryogenèse somatique chez le palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.). Mémoire (Diplôme de Maître Ingénieur). Toulouse (FRA) : Université Paul Sabatier, 1996/07. - 50 p.

Autres

Génétique - Amélioration des plantes

406 - Rival A. Notice des travaux présentée pour obtenir le diplôme d'habilitation à diriger les recherches en sciences. Mémoire d'étude (Habilitation à Diriger les Recherches en Sciences). Orsay (FRA) : Université de Paris 10, 1997/10/20. - 2 volumes, 250 p.

Technologie

407 - Larguèze C. Raffinage des huiles végétales par microfiltration. Interaction milieu

hydrophobe/membrane. Thèse (Dr d'Université en Chimie Théorique, Physique, Analytique). Montpellier (FRA) : Université de Montpellier 2, 1997/06/04. - 226 p.

Chimie

408 - Chirat N. Etude de la qualité de carburants dérivés des huiles végétales. Approche méthodologique. Thèse (Dr d'Université en Chimie Organique, Minérale, Industrielle). Montpellier (FRA) : ENSCM, 1996/12/06. - 276 p.



Centre
de coopération
internationale
en recherche
agronomique
pour le
développement

**Département
des cultures pérennes
Cirad-cp**

Avenue d'Agropolis
BP 5035
34032 Montpellier
Cedex 1
France